

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra elektroenergetiky**

**Nastavení parametrů pro obnovu veřejného  
osvětlení měst a obcí**

**Public lighting parameters setting for its  
reconstruction in towns and villages**

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radim Kovalovský**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika

Téma: **Nastavení parametrů pro obnovu veřejného osvětlení měst a obcí**  
**Public lighting parameters setting for its reconstruction in towns and villages**

Zásady pro vypracování:

- Popis základních parametrů veřejného osvětlení
- Návrh metodických pokynů pro sjednocení požadavků na obnovu veřejného osvětlení
- Návrh kritérií pro podání žádosti o dotaci na veřejné osvětlení
- Posouzení kritérií pro vyhodnocování žádostí o dotace na obnovu veřejného osvětlení
- Zhodnocení kontrolních mechanismů pro ověřování parametrů veřejného osvětlení na reálném projektu

Seznam doporučené odborné literatury:

Plch, J.: Světelná technika v praxi. IN-EL spol. s.r.o., Praha 1999,  
Habel, J.: Světelná technika a osvětlování. FCC Public, Praha 1995,  
Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU  
Manuály k výpočetním programům (Relux, Dialux, WILS)

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014



prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.  
*vedoucí katedry*

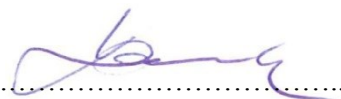


prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

## **Prohlášení**

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 7. května 2014



.....  
Radim Kovalovský

## **Poděkování**

Touto cestou bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Karlu Sokanskému, CSc. za odbornou pomoc, cenné rady a připomínky v průběhu zpracování této práce. Za otevřený a vstřícný přístup rovněž děkuji Ing. Tomáši Novákovi, Ph.D.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá posouzením kritérií pro obnovu veřejného osvětlení měst a obcí. Celkové zhodnocení vychází z vícekritériálního rozhodování na základě zpracované citlivostní analýzy. V úvodních kapitolách se věnuji základním parametrům veřejného osvětlení, současnému stavu osvětlovacích soustav včetně ekonomického hodnocení. Dále v práci uvádím hlavní cíle obnovy veřejného osvětlení společně s podmínkami, které náleží k získání dotací pro revitalizaci. Závěr teoretické části je úzce spojen s praktickou částí. Jsou zde popsány multikritériální metody a možnosti stanovení vah kritérií. Praktická část obsahuje analýzu jednotlivých kritérií, která jsou důležitým ukazatelem pro vyhodnocení měst a obcí usilujících o dotaci. Zpracovaná data vycházejí z reálného projektu. Řešení jsem prováděl v programu, který je určený pro rozhodovací analýzu.

## **Klíčová slova**

Veřejné osvětlení, multikritériální analýza, váha, vedlejší kritérium, hlavní kritérium, metody, pořadí, varianta, rozhodování, hodnota, umístění.

## **Abstract**

The thesis deals with the assessment of criteria for restoring public lighting in towns and villages. The overall assessment is based on a multi-criteria decision based on processed sensitivity analysis. The introductory chapters are devoted to the basic parameters of the public lighting, the current condition of lighting systems including economic evaluation. Further I state main objectives of the restoration of public lighting, along with the conditions which are necessary for obtaining grants for revitalization. The conclusion of the theoretical part is closely linked to the practical part. There are described multicriteria methods and options in order to state the importance of the criteria. The practical part contains the analysis of individual criteria, which are an important indicator for the evaluation of the towns and villages seeking the grant. The processed data are based on a real project. I solved the given task in the program, which is designed for decision analysis.

## **Key words**

Public lighting, multi-criteria analysis, stress, subsidiary criterion, main criterion, methods, rank, variation, decision, value, position.

## Seznam použitých symbolů a zkratek

symbol	jednotka	význam
$E$	[lx]	osvětlenost
$I$	[cd]	svítivost
$K$	[-]	stupeň rozeznatelnosti
$L_a$	[cd·m <sup>-2</sup> ]	jas kritického detailu
$L_b$	[cd·m <sup>-2</sup> ]	jas bezprostředního okolí
$P$	[W]	elektrický příkon
$P_z$	[W]	ztrátový příkon
$R_a$	[-]	index barevného podání
$T_c$	[K]	teplota chromatičnosti
$ULOR$	[%]	světelný tok vyzářený do horního poloprostoru
$W$	[kWh]	elektrická energie
$\eta_{sv}$	[-]	účinnost svítidla
$\Phi$	[lm]	světelný tok

zkratka	význam
A	třída osvětlení komunikace
CDA	metoda shody a neshody (concordance diskordance analysis)
CE	třída osvětlení komunikace
ČR	Česká republika
ČSN	České technické normy
ES	evropské společenství
EV	třída osvětlení komunikace
IP	stupeň krytí (ingress protection)
IPA	metoda ideálních bodů (ideal points analysis)
LED	světelná dioda (light emitting diode)
MCA	multikriteriální analýza (multicriteria decisional analysis)
ME	třída osvětlení komunikace
MEW	třída osvětlení komunikace
MHD	městská hromadná doprava
OS	osvětlovací soustava
RVO	rozdávěč veřejného osvětlení
S	třída osvětlení komunikace
Sb.	sbírka
SI	základní jednotka SI
SM	světelné místo
TKP	technické kvalitativní podmínky
TOPSIS	technique for order preference by similarity to ideal solution
VO	veřejné osvětlení
WSA	metoda váženého součtu (weighted sum approach)

## OBSAH

1	ÚVOD .....	1
2	POPIS ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ .....	2
2.1	Význam a účel veřejného osvětlení.....	2
2.2	Světelné technické veličiny a pojmy .....	4
2.3	Světelné zdroje určené pro VO .....	6
2.4	Legislativa a normy pro veřejné osvětlení .....	8
3	SOUČASNÝ STAV OSVĚTLOVACÍCH SOUSTAV .....	11
3.1	Správa veřejného osvětlení.....	11
3.2	Základní informace před rozhodnutím o převodu správy VO.....	12
3.3	Možnosti převodu správy a údržby osvětlovacích soustav VO.....	12
3.3.1	<i>Přenesená správa VO.....</i>	13
3.3.2	<i>Dlouhodobý nájem VO.....</i>	13
3.3.3	<i>Společný podnik s městem na provozování VO.....</i>	13
3.4	Ekonomické hodnocení veřejného osvětlení .....	14
3.4.1	<i>Provozní náklady.....</i>	14
3.4.2	<i>Investiční náklady staveb VO .....</i>	15
4	HLAVNÍ CÍLE OBNOVY VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ.....	16
4.1	Pasportizace VO .....	16
4.2	Generel VO .....	17
4.3	Respektování nepříznivých vlivů osvětlovacích soustav .....	18
4.3.1	<i>Závojevý jas oblohy.....</i>	19
4.3.2	<i>Oslnivé světlo .....</i>	19
4.3.3	<i>Světelný přesah.....</i>	19
5	KRITÉRIA PRO PODÁNÍ ŽÁDOSTI O DOTACI .....	20
5.1	Podmínky poskytnutí a příprava dotace .....	20
5.2	Zhodnocení environmentálních aspektů.....	24
5.2.1	<i>Snížení emisí .....</i>	24
5.2.2	<i>Omezení rušivého světla .....</i>	25
5.2.3	<i>Náklady spojené s odpady při provozu VO .....</i>	27

6	VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ.....	28
6.1	Modelování preferencí .....	28
6.2	Metody stanovení vah kritérií .....	29
6.3	Multikriteriální vyhodnocování metody.....	31
6.4	Určování kritérií pro posuzování svítidel .....	33
7	ZHODNOCENÍ KRITÉRIÍ A OVĚŘENÍ PARAMETRŮ PRO OBNOVU VO .....	35
7.1	Určení váhových kritérií pro posuzování žádosti o dotaci .....	35
7.2	Řešení v programu MCA8 .....	37
7.3	Citlivostní analýza.....	38
7.4	Změna nastavení vah vedlejších kritérií .....	39
7.5	Využití citlivostní analýzy v praktických situacích.....	48
8	ZÁVĚR .....	53
	LITERATURA.....	55
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	57
	SEZNAM TABULEK.....	58
	SEZNAM PŘÍLOH .....	59



# 1 Úvod

Primárním požadavkem pro zavedení nočního osvětlení veřejných prostorů ve městech a obcích bylo zajistit bezpečnost pohybu lidí a zároveň navodit pocit jistoty. Vedle bezpečnosti má veřejné osvětlení i další přínosy, především hraje důležitou roli v kvalitě života občanů. V současné době se veřejnému osvětlení dostává větší pozornosti než v minulých letech, což je zapříčiněno nevyhovujícím technickým stavem většiny osvětlovacích soustav. Určitou roli hraje také možnost získání dotací na obnovu veřejného osvětlení. To je pak ještě umocněno novými technickými prostředky, které dnešní trh nabízí, zejména světelné diody a řídicí systémy. Tím je možné vybudovat v rámci obnovy VO moderní osvětlovací soustavu. Samotná revitalizace VO musí být podložena dostatkem objektivních informací o technických prostředcích. Současně je třeba svěřit vypracování posudků, auditů, návrhů obnovy do rukou odborníků a světelných techniků, kteří jsou schopni těsné spolupráce s projektanty. Tímto způsobem lze dosáhnout koncepčního řešení návrhů obnovy VO.

V první části této diplomové práce popisují význam a účel veřejného osvětlení společně se světelně technickými veličinami a pojmy. Dále jsou zde uvedeny nejpoužívanější světelné zdroje v oblasti veřejného osvětlení, které jsou doplněny o spektrální složení. Kapitola uzavírá důležité národní normy včetně evropské legislativy.

Současným stavem veřejného osvětlení se zabývá třetí část. Uvádím zde procentuální vyjádření nejvíce zastoupených světelných zdrojů v oblasti VO. Kapitola dále nastiňuje možnosti správy veřejného osvětlení. Velmi důležité v dnešní době je také ekonomické hodnocení. Zde rozebírám jednotlivé položky tvořící provozní a investiční náklady. Zejména pak provozní náklady se řadí mezi nejdůležitější parametry soustav veřejného osvětlení. Ke snížení těchto nákladů je nutné přistupovat z více směrů. Není možné zvolit jeden z prvků osvětlovací soustavy a hledat nejúčinnější variantu bez ohledu na další prvky soustavy. V takovém případě může mít celé snažení kontraproduktivní účinek.

Čtvrtá část se týká obnovy veřejného osvětlení. Hlavním cílem obnovy je zajištění dlouhodobého a trvale udržitelného rozvoje všech částí systému veřejného osvětlení. Důraz je kladen na zajištění bezpečnosti, spolehlivosti a efektivity energetické a provozní náročnosti. Pro tyto účely je nutné vést základní evidenci o majetku, tzv. pasport VO.

Kapitola pátá popisuje podmínky a kritéria pro podání žádosti o dotaci. Uvádím zde, komu může být dotace udělena, a co všechno musí žadatel splňovat. Základní požadavky jsou rozděleny do tří celků. Jedná se o normativní požadavky a technické požadavky. Poslední část je tvořena samostatným návrhem osvětlovací soustavy, kde je nutné počítat s environmentálními aspekty a v neposlední řadě také s náklady na odpady veřejného osvětlení.

Následující část se zabývá vícekritériálním rozhodováním. Jsou zde stručně popsány jednotlivé metody určení vah kritérií a samotné nejvíce používané vyhodnocovací metody. Tato část úzce navazuje na poslední kapitolu této práce, kde pomocí vícekritériálního rozhodování provádím posouzení kritérií a zhodnocení parametrů na reálném projektu.

## **2 Popis základních parametrů veřejného osvětlení**

### **2.1 Význam a účel veřejného osvětlení**

Nedílnou součástí životního prostředí se stává veřejné osvětlení. Pod tímto pojmem se nerozumí jen osvětlování veřejných komunikací, spadá sem osvětlení významných objektů, děl a přírodních útvarů, osvětlení veřejných hodin, slavnostní osvětlení, např. vánoční výzdoba. [2]

Základním požadavkem VO je zajistit v období, kdy není k dispozici přírodní zdroj světla spolehlivý a bezpečný pohyb všem uživatelům. Zároveň vedle zabezpečení dostatečného množství a kvality světla, musí VO vykazovat co nejmenší četnost a délku výpadků funkce jednotlivých světelných míst. Zařízení VO musí splňovat požadavky na bezpečnost z hlediska ochrany před dotykem živých částí osvětlovací soustavy. Důležitým požadavkem je také soulad osvětlovacího zařízení s prostředím a to nejen v noci, ale také ve dne. [5]

Souhrn funkcí veřejného osvětlení:

- zajištění bezpečnosti obyvatel (kriminalita, pohyb po komunikacích pro pěší atd.)
- zajištění bezpečnosti účastníků silničního provozu, zejména vztah motorizovaná doprava a pěší účastník
- pocit pohody obyvatel
- zkrášlení, zatraktivnění a vytvoření osobitého prostředí obcí a sídel
- zatraktivnění lokalit s nepřírodním dopadem na vzrůst turistického ruchu.

Zajištění výše uvedených požadavků je hlavním cílem provozovatele VO, zároveň s co nejmenším vynaložením nákladů na výstavbu, modernizaci, rekonstrukci, správu, provoz a údržbu. K dosažení těchto cílů je zapotřebí optimalizace jednotlivých nákladových položek, k nimž patří:

- cena, životnost, výkonnost a stálost technických parametrů jednotlivých prvků systému veřejného osvětlení
- cena elektrické energie
- jednotková cena lidské práce
- jednotková cena použití technického vybavení (zahrnující odpisy zařízení, cenu pohonných hmot apod.)
- doba provozu soustavy VO.

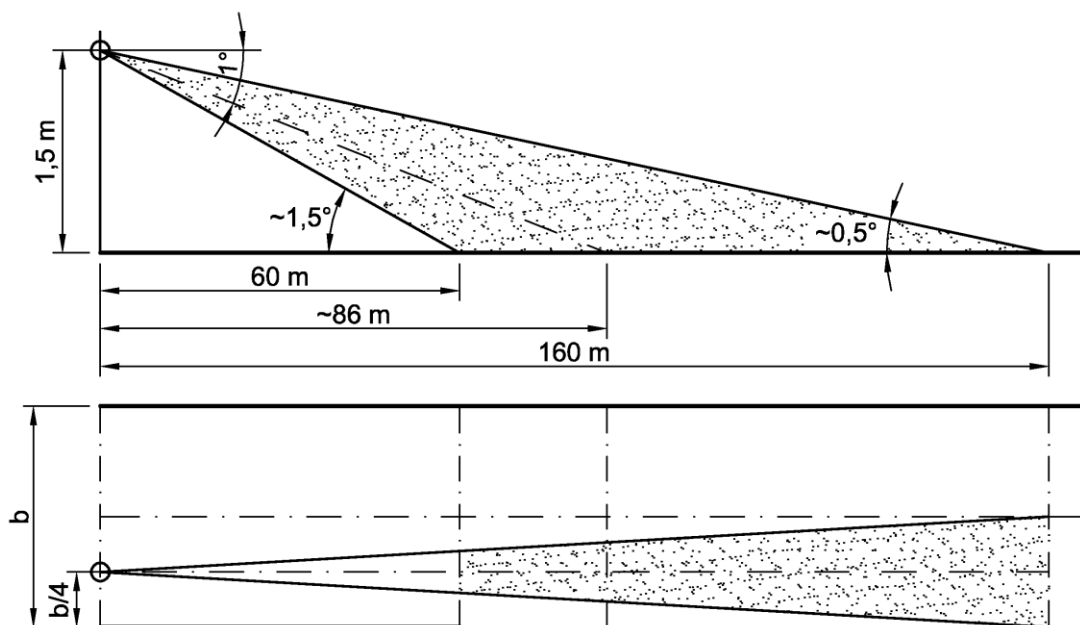
Doprava na komunikacích musí být bezpečná, přiměřeně rychlá a pohodlná bez ohledu na denní dobu. V nočních hodinách je zapotřebí umělého osvětlení komunikace, které musí vytvořit spolehlivé vizuální podmínky bez zrakové únavy. V takovém případě lze považovat osvětlení za vyhovující.

Hlediska pro jakost umělého osvětlení a číselné údaje jednotlivých světelně technických faktorů vycházejí z dlouhodobého zkoumání zrakových úkolů a informačních nároků účastníků dopravy. Všeobecně platí, že VO umožňuje všem účastníkům na ulicích a na komunikačních prostranstvích pohyb:

- s co možná nejvyšší bezpečností
- s přiměřeným zrakovým komfortem.

Řidiči musí závčas rozlišit veškeré detaily ovlivňující jeho pohyb po komunikaci. Je bezpodmínečně nutné rozpoznat směr komunikace a její ohraničení, dopravní značky a signály, překážky na vozovce a další nebezpečná místa jako zúžení vozovky, případně práce na vozovce.

Chodci musí být umožněna viditelnost chodníku včetně jeho ohraničení, viditelnost přechodů pro chodce zároveň s možností včasného rozlišení vozidel jedoucích po vozovce. Uvedené požadavky musí být zajištěny s přiměřenou hospodárností, podřízenou popsaným hlediskům. Na obr. 1 je znázorněno zorné pole řidiče, které představuje místa přesného a ostrého vidění. [3]



Obr. 1: Zorné pole řidiče [3]

## 2.2 Světelně technické veličiny a pojmy

Světelná záření se popisují na základě fyzikálních veličin a jednotek, které jsou sjednocené, to znamená, že platí všude po světě. Mezinárodní komise pro osvětlování CIE pak zodpovídá za toto sjednocení. V mezinárodní soustavě SI se také vyskytuje základní jednotka popisující vlastnosti světla. Jedná se o jednotku svítivosti, kandela (cd). [2]

### Světelný tok

Určuje, kolik světla celkem vyzáří zdroj do všech směrů. Jedná se o světelný výkon, který je posuzován z hlediska lidského oka. Jednotkou světelného toku je lumen.

### Svítivost

Svítivost je světelně technická veličina, která popisuje distribuci světelného záření do prostoru. Udává množství světelného toku, které je vyzářeno zdrojem v prostorovém úhlu do určitého směru. Jednotkou svítivosti je kandela.

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (2.1)$$

$d\Phi$  - světelný tok (lm);  $d\Omega$  - prostorový úhel (sr).

### Osvětlenost

Osvětlenost, respektive intenzita osvětlení, představuje další z odvozených fotometrických veličin. Udává množství světelného toku dopadajícího na jednotkovou plochu (1 m<sup>2</sup>). Jednotkou osvětlenosti je lux.

$$E = \frac{d\Phi}{dA} \quad (2.2)$$

$d\Omega$  - velikost světelného toku;  $dA$  – plocha, na kterou dopadá světelné záření.

### Jas

Světelně technická veličina, na kterou přímo reaguje zrakový orgán. Je to fotometrická veličina definovaná jako měrná svítivost. Udává se v cd·m<sup>-2</sup>.

### Index podání barev $R_a$

Určuje do jaké míry je člověk schopen vnímat barvy věrohodně při určitém spektru záření světelného zdroje. Index podání barev se udává v číselné podobě 0 – 100. Hodnota 100 ukazuje na světelný zdroj, který podává věrohodně všechny barvy ve spektru. Je-li  $R_a = 0$  barvy se nedají rozlišit, dochází ke značnému barevnému zkreslení, např. zdroje monochromatického záření. [3]

## Teplota chromatičnosti $T_c$

Používáme ji k popisu barvy či vystižení barevných vlastností světla. U teplotních zdrojů odpovídá teplotě vlákna, u výbojových zdrojů se zavádí pojem náhradní teplota chromatičnosti, která odpovídá ekvivalentnímu teplotnímu zdroji s podobným spektrálním složením, jaká má daný výbojový světelný zdroj.

Tab. 1: Teplota chromatičnosti různých zdrojů světla [2]

Druh světelného zdroje	$T_c$ (K)
Zářivka studené denní světlo	6500 a více
Zářivka denní světlo	5400
Jasná obloha	6500
Slunce v létě v poledne	5500
Zářivka studená bílá	4000
Slunce při západu	3500 ÷ 4000
Žárovka, žárovka teple bílá	2700
Plamen svíčky	1800

Z ekonomického hlediska pro osvětlování venkovních prostorů je zásadní měrný výkon a účinnost svítidla.

## Měrný výkon

Měrný výkon se určí jako podíl světelného toku  $\Phi$  a elektrického příkonu  $P$ . Jinými slovy určuje, kolik světelného toku lze získat z jednoho wattu.

## Účinnost svítidla

Účinnost svítidla je dána jako poměr světelného toku, který ze svítidla vystupuje, ke světelnému toku světelných zdrojů ve svítidle. Účinnost svítidla a další optické vlastnosti jsou především závislé na dvou konstrukčních prvcích. Tím prvním je kvalita reflektoru, druhým provedení difuzoru.

Pro energetické úspory není účinnost zcela tak rozhodující. Rozhodující je způsob distribuce světelného toku. Svítidlo, které bude směřovat světlo patřičným směrem, může být v konečném důsledku z pohledu energetických úspor výhodnější, než svítidlo s vyšší účinností. [2]

## Životnost světelného zdroje

Určuje, jak dlouho vydrží daný světelný zdroj hospodárně svítit. Rozlišujeme dvě definice životnosti.

- Průměrná životnost. Doba je dána časem, za který bude svítit přesně polovina ze sledovaného počtu světelných zdrojů, míra výpadku dosáhne 50 %.
- Užitečná životnost. Definuje se vzhledem k postupnému poklesu světelného toku zdrojů během života. Konec užitečného života nastává tehdy, když světelný tok zdroje bude na úrovni 80 % počáteční hodnoty světelného toku.

Tab. 2: Životnosti pro různé typy světelných zdrojů [2]

Druh světelného zdroje	Průměrná životnost (h)	Užitečná životnost (h)
Obyčejné žárovky	1000	1000
Halogenové žárovky	2000 – 3000	2000 – 3000
Lineární zářivky	20000	10000 – 18000
Vysokotlaké rtuťové výbojky	16000 - 24000	10000 – 20000
Vysokotlaké sodíkové výbojky	32000	20000
Halogenidové výbojky	10000	4000
Výkonové LED	50000 - 100000	25000 – 50000

## 2.3 Světelné zdroje určené pro VO

### Vysokotlaké sodíkové výbojky

Celkový podíl vysokotlakých výbojek ve veřejném osvětlení je dominantní, to je způsobeno především z důvodů velkých úspor elektrické energie. Ve VO se vysokotlaké sodíkové výbojky používají v širokém rozmezí. Jsou vhodné pro osvětlování veškerých komunikací, pěších zón i osvětlování fasád významných objektů. Určitou nevýhodou těchto zdrojů je horší index podání barev. Pro VO se používají sodíkové vysokotlaké výbojky nízkých příkonů, v obcích 50 - 70 W, ve městech do 150 W, na velkých komunikacích 150 - 250 W. Vyšší příkony lze použít na osvětlování fasád budov a vnitřních i venkovních skladovacích ploch bez trvalého pobytu osob. [2]



Obr. 2: Vysokotlaká sodíková výbojka a její spektrum [2]

## Halogenidové výbojky

Na rozdíl od vysokotlakých sodíkových výbojek se halogenidové výbojky vyznačují vyšším indexem podání barev až na  $R_a = 90$ . To je způsobeno tím, že viditelné záření zde vzniká jednak v parách rtuti, ale především hlavně z produktů halogenidů za pomoci sloučenin halových prvků např. s galiem, thaliem, sodíkem apod. V keramickém nebo křemíkovém hořáku pak vzniká cyklus podobný regeneračnímu cyklu jako u halogenidových žárovek. Baňka je tvořena z borosilikátového skla. Pracovní teplota těchto výbojek se pohybuje od - 20 až do 60°C. [2]



Obr. 3: Halogenidová výbojka a její spektrum [2]

## Zářivky

Jedná se o nízkotlakou rtuťovou výbojku. Hlavní část světla je vyzařovaná jednou nebo několika vrstvami luminoforu buzeného ultrafialovým zářením výboje. Index podání barev zde závisí na typu použitého luminoforu. Trubice je pak provedena z měkkého sodno-vápenatého skla. Na vnitřní straně skla je nanesena jedna, případně u speciálních typů dvě vrstvy luminoforu, které transformují ultrafialové záření na viditelné záření. Konce trubice jsou opatřeny wolframovou elektrodou, která je opatřena emisní hmotou na bázi uhličitany barya a vápníku. Elektroda je namontována na nožce, sestávající z talířku a čerpací trubičky, rovněž z měkkého, převážně olovnatého skla. Kolem elektrod je na neutrálním přívodu umístěna kovová ochranná clonka, která zabraňuje usazování vypařující se a rozprašující se emisní hmoty na vrstvě luminoforu. Tím se docílí zabránění neestetického černání konců zářivek a zároveň vede ke zlepšení stabilizace světelného toku během svícení.

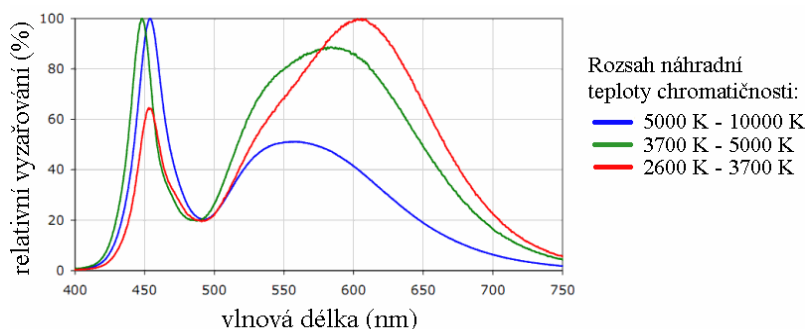
Mezi základní nedostatky zářivek patří jejich závislost světelného toku na teplotě okolí, potřeba předřadných startovacích obvodů a vliv počtu zapnutí na život zářivky. [1]



Obr. 4: Lineární zářivka a její spektrum [2]

## Světelné diody – LED

V posledních letech se LED světelné zdroje stále ve větší míře využívají ve všech oblastech osvětlovací techniky. Měrný výkon těchto zdrojů má pořád rostoucí charakter. Světelné diody představují elektronický prvek, který generuje světelné záření při průchodu proudu polovodičovým přechodem. Fyzikální princip je tedy odlišný od žárovek či výbojek, tím lze dosáhnout mnoho dalších vlastností. Primární záření je monochromatické, to je způsobeno polovodičovým přechodem, který vyzařuje velmi úzké spektrum. V dnešní době jsou světelné diody velmi účinné a prosazují se namísto konvenčních světelných zdrojů. [2]



Obr. 5: Typické spektrum LED

## 2.4 Legislativa a normy pro veřejné osvětlení

### Evropská legislativa

V rámci evropské směrnice 245/2009 byla přijata pravidla v roce 2009 pro regulaci energetické náročnosti osvětlovacích soustav. Pravidla jsou určena pro technické parametry zářivek bez integrovaného předřadníku, vysokotlakých výbojek, předřadníků a svítidel. V roce 2010 pak byla přijata směrnice 347/2010. Obě směrnice mají principiálně vazbu na dvě oblasti: osvětlování kancelářských prostorů a veřejné osvětlení. Oblast kancelářských prostorů je především spojena s regulací energetické náročnosti kompaktních a lineárních zářivek, zářivkových předřadníků a svítidel. Oblast veřejného osvětlení je primárně spojena s regulací energetické náročnosti vysokotlakých sodíkových výbojek, předřadníků a svítidel pro vysokotlaké výbojky. Platnost zmíněných technických zařízení v rámci přijatých směrnic je obecná, bez vazby na aplikační oblast. Jednotlivá opatření a jejich přijímání je ve směrnici rozděleno do 3 hlavních fází a 2 mezifází. [5]

Tab. 3: Fáze směrnice 245/2009 a počátek jejich účinnosti [5]

Fáze	Platnost od
Fáze 1 (1 rok po vstoupení v platnost)	13.4.2010
Mezifáze 1 (18 měsíců po vstoupení v platnost)	13.10.2010
Fáze 2 (3 roky po vstoupení v platnost)	13.4.2012
Mezifáze 2 (6 let po vstoupení v platnost)	13.4.2015
Fáze 3 (8 let po vstoupení v platnost)	13.4.2017



Nejpozději do 5 let od vstupu této směrnice v platnost, dojde s ohledem na pokrok v oblasti světelné techniky k její revizi. Hlavní část této směrnice je věnována technickým parametrům svítidel, předradníků a svítidel, které mají být v jednotlivých fázích dosaženy. Dále uvádí soubor povinných informací, které musejí výrobci jednotlivých technických zařízení uvádět. V samotném závěru jsou uvedeny referenční hodnoty parametrů nejlepších výrobků na trhu. [5]

## **Národní normy**

### *ČSN EN 12464 – 2*

#### *Světlo a osvětlení – Osvětlení pracovních prostorů – Část 2: Venkovní pracovní prostory*

Norma obsahuje požadavky na osvětlení venkovních pracovních prostorů. Tyto požadavky se určují podle následujících parametrů: udržovaná osvětlenost, rovnoměrnost osvětlení, činitel oslnění, index podání barev. Dále jsou v normě obsaženy doplňující údaje a upozornění, požadavky na omezení rušivého osvětlení v době nočního klidu. [5]

### *ČSN EN 12665*

#### *Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení*

Tato norma obsahuje základní termíny pro navrhování, výpočty a měření osvětlení vnitřních i venkovních prostorů. Jsou zde uvedeny jejich definice. Jsou zde uvedeny řady hodnot udržované osvětlenosti, jasů a odstupňování hodnocení oslnění ve vnitřních i venkovních prostorech. Požaduje se zde doplnění odhadů přesnosti a tolerance u výsledků výpočtů a měření. Osvětlení prostoru musí splnit podmínky pro bezpečnost, dosažení potřebného zrakového výkonu a vnímání barev. Důležitou roli pro zrakovou pohodu hraje také prostorová a časová proměnnost osvětlení. Podle normy je také vhodné vzít v úvahu i energetické nároky osvětlení a náklady na údržbu osvětlovacích soustav. [5]

Základní technické normy pro navrhování VO jsou obsaženy v souboru norem Osvětlení pozemních komunikací.

### *ČSN CEN/TR 13201 – 1*

#### *Osvětlení pozemních komunikací – Část 1: Výběr tříd osvětlení*

Norma je nástrojem pro určení tříd osvětlení na základě posouzení geometrického uspořádání, využití komunikace či prostranství, vliv okolí a dalších parametrů. Třída se určuje také v souvislosti na hustotě provozu, četnosti kritických míst (křižovatek), náročnosti orientace, pravděpodobnosti výskytu kriminality, převažujícího počasí apod. Dále norma obsahuje všeobecná doporučení související s nároky na barevné podání, optické vedení řidiče, osvětlení sousedních prostorů nebo pro použití alternativních a doplňkových tříd osvětlení. [5]

#### *ČSN EN 13201 – 2*

##### *Osvětlení pozemních komunikací – Část 2: Požadavky*

V normě jsou uvedeny třídy osvětlení pro pozemní komunikace a veřejná prostranství s ohledem na zrakové potřeby uživatelů. Jednotlivé třídy osvětlení jsou zavedeny pro různé druhy dopravy. Jedná se o motorizovanou, cyklistickou nebo pěší dopravu. Každá třída má předepsané hodnoty a vhodné parametry osvětlení. Např. jas komunikace, celkovou a podélnou rovnoměrnost osvětlení, míru oslnění, osvětlenost bezprostředního okolí vozovky. Pro prostory pěších zón, nákupních center a parků jsou předepsány méně obvyklé parametry jako svislá, poloválcová nebo polokulová osvětlenost. Pozornost je také věnována problematice osvětlování přechodů. [5]

#### *ČSN EN 13201 – 3*

##### *Osvětlení pozemních komunikací – Část 3: Výpočet*

Norma předepisuje způsob výpočtu jednotlivých parametrů osvětlovacích soustav. Tím jsou určeny postupy jejich stanovení, což by mělo být zárukou, že výsledky různých výpočetních programů by se měly shodovat. Definuje tedy a popisuje výchozí předpoklady a matematické postupy, které je potřeba používat při výpočtech. [5]

#### *ČSN EN 13201 – 4*

##### *Osvětlení pozemních komunikací – Část 4: Metody měření*

Norma uvádí způsoby fotometrických měření osvětlovacích soustav pozemních komunikací. Doporučuje výběr měřících přístrojů, tedy jasoměrů a luxmetrů. Stanovuje pozice pro měření, která jsou shodná s pozicemi pro výpočetní návrh. Tyto metodiky platí pro stanovení parametrů osvětlení, pokud se provádí měření za jiným účelem, pak se samozřejmě normový postup nemusí dodržovat. Norma zohledňuje také vlivy způsobující nepřesnosti při měření a jejich možnou minimalizaci. [5]

### 3 Současný stav osvětlovacích soustav

Nejčastěji využívaným světelným zdrojem je vysokotlaká sodíková výbojka. Daleko menší zastoupení mají kompaktní zářivky, které jsou ve většině případů v kombinaci dvou zářivek o příkonu 36 W. Ve velmi zastaralých svítidlech se objevují také rtuťové výbojky. Zastoupení halogenidových výbojek nelze zcela určit. Jejich podíl se odhaduje na 5 % na úkor vysokotlakých sodíkových výbojek. Ostatní světelné zdroje zastupují nízkotlaké sodíkové výbojky, lineární zářivky či LED. [5]

Světelné zdroje:

- vysokotlaká sodíková výbojka – 89,4 %
- rtuťová výbojka – 4,0 %
- kompaktní zářivka – 6,4 %
- ostatní – 0,2 %.

Více než třetina obcí využívá regulaci veřejného osvětlení v nočních hodinách. Regulace zahrnuje zejména vypínání veřejného osvětlení v noci za pomoci spínacích hodin. Čas vypnutí je průměrně po 23. hodině, zapnutí se provádí po 4. hodině ráno. Často je regulace osvětlení používána v součinnosti s fotobuňkou, která osvětlení zapíná či vypíná podle aktuální osvětlenosti.

Architektonické osvětlení je realizováno přibližně také u třetiny měst. Nejčastěji jde o nasvětlení kostela či kaple. Méně často pak obce či města nasvětlují radnice, obecní úřady a zámky.

Co se týče příkonových řad, nejvíce jsou používány 70 W, 100 W a 150 W světelné zdroje. Jedná se o vysokotlaké sodíkové výbojky, které tvoří 85 % všech světelných bodů. [5]

#### 3.1 Správa veřejného osvětlení

##### Přímá správa městem nebo obcí

Veřejné osvětlení je služba veřejná. Občané si tuto službu platí nepřímo formou odvodů daní. Obec pak zodpovídá za maximální ekonomické využití prostředků rozpočtu. To znamená minimalizaci proměny financování veřejné služby v tvorbu zisku.

V případě, je-li město vlastníkem zařízení má přímý vliv na výkony zařízení VO. Všechny vyčleněné prostředky jsou využívány ve prospěch VO. Městská společnost z nich nevytváří svůj vlastní zisk. Část ušetřených nákladů na běžnou údržbu, vlivem realizace preventivní údržby, může být využita na další opravy, výměny havarijních stožárů atd., aniž by byly požadovány další finanční prostředky od města. [6]

Ve většině měst a obcí je značným problémem velké množství vlastních stožárů s vyčerpanou životností. To bylo především způsobeno podceňováním pravidelné preventivní údržby v prvních 10 až 15 letech po instalaci stožárů VO. Stožáry VO nekontrolovatelně podléhali povrchové a následně pak i hloubkové vnější a vnitřní korozi. Důsledkem bylo nahromadění zařízení VO za hranicí životnosti. V takové fázi pak města nejsou schopny pokrýt rychlou obnovu z vlastního rozpočtu. Řešením může být využití nabídek některé z forem zrychleného financování jiným subjektem, např. formou přenesené správy. [4], [6]

Ekonomické srovnání současného stavu a realizace přenesené správy ještě před rozhodnutím o formě řešení vedení města a obce není možné, protože je nutné uskutečnit veřejnou soutěž, kde zájemci o tuto službu vypracují konkrétní nabídky. Protože se nejedná o žádnou milosrdnou nabídku, ale obchod se vším, co k němu patří, je nutné počítat s tím, že ceny budou nastaveny tak, aby se všechny vložené investice firmě vrátili a současně byl vytvořen zisk. Zisk je tvořen také z prostředků města, tedy daní občanů, které se nevrací do VO, jak bylo u přímého řízení městem či obcí. [6]

### **3.2 Základní informace před rozhodnutím o převodu správy VO**

Město zůstává vlastníkem VO, ale předává všechny kompetence smluvnímu partnerovi – zpravidla pronájem zařízení. Pro odepisování investic společnosti je podmínkou právě pronájem. Město smluvně předá správu, údržbu a obnovu a podílí se pouze na kontrolní činnosti. Podnikatelský subjekt zajistí počáteční zařizování nezbytné obnovy.

Město bude smluvně zavázáno ke každoroční platbě ve smluvní výši. Lze očekávat, že platba bude vyšší, než byl původní každoroční rozpočet VO, vzhledem k předcházejícímu podceňování stavu. Musí být také provozní prostředky. Každoroční platba není konstantní, změny jsou způsobeny podle očekávaného meziročního růstu inflace, změn tarifů dodavatelů elektrické energie a změn počtu udržovaných světelných míst. Dosažené úspory energie a jiné další zisky jdou ve prospěch firmy a nijak nezvýhodňují ani nesnižují platbu objednavatele.

Z důvodu vlastního investičního vkladu společností se musí být smlouva uzavřena na delší období, zpravidla na 15 let. V případě nespokojenosti je vyvázání velmi komplikované, důvodem je velká počáteční investice, která se musí se ziskem firmě vrátit. Jestliže taková situace vznikne, tak z pohledu obce nastane velmi tvrdé finanční vyrovnání. Proto je takové rozhodnutí velmi zásadní a nese dlouholeté důsledky. Každoroční platba je povinná a nelze ji upravovat podle rozpočtu města a aktuálních potřeb.

V případě rozhodnutí města o předání VO jinému podnikatelskému subjektu je důležité kvalitní vypracování zadávacích podmínek, odborné posuzování a oponování návrhu smlouvy, uplatnění vlastních dosavadních investic města do VO do výše ceny za přenesenou správu VO. [6]

### **3.3 Možnosti převodu správy a údržby osvětlovacích soustav VO**

Prvním bodem na začátku plnění smluvního vztahu je zjištění stávajícího stavu systému. Důkladné zmapování a zjištění stavu zařízení se odehrává přímo v terénu. Pro návrh technicko ekonomického řešení je základním materiálem dokumentace získaná při pasportizaci. Řešení může být zpracováno ve více variantách s ohledem na požadované funkčnosti, finanční možnosti zákazníka, návratnost vložených investic, úspory energií a podobně. Vždy je uveden potřebný rozsah výměny světelných zdrojů. Technicko ekonomické řešení se zpracovává i na základě moderních trendů v osvětlovací technice a v případě výhodnosti v sobě zahrnuje moderní komponenty.

Po výběru nejvhodnějšího řešení následuje samotná rekonstrukce systému VO. Pomocí vstupní rekonstrukce se v budoucnosti umožní minimalizace nákladů na provoz. Cílem rekonstrukce je zlepšit kvalitu osvětlení, odstranit nutnost výměny světelných zdrojů, snížit počet poruch a ušetřit energii nutnou pro chod celého systému VO. [6]

### **3.3.1 Přenesená správa VO**

Nový správce převezme veškerou zodpovědnost za bezpečný a hospodárný provoz. Tento systém je nejvíce využíván u malých měst a obcí. Na základě smlouvy s obcí dojde k zajištění oprav a údržby VO, současně probíhá i rekonstrukce VO. Obec pak vše postupně splácí po dobu trvání smluvního vztahu. [6]

Obec tedy platí správci:

- za komplexní správu VO (oprava, údržba, provoz a nákup elektřiny)
- za provedenou rekonstrukci.

### **3.3.2 Dlouhodobý nájem VO**

Dlouhodobý nájem je využíván většími městy, kde je rozsáhlejší a komplikovanější provoz VO. Město se pomocí nájmu zbavuje kompletně starostí o VO a platí subjektu, který má veškerý majetek v nájmu pouze za dodávku světla. [6]

Pronajímatel:

- pronajme soubor movitých a nemovitých majetků nájemci
- předá své zaměstnance
- platí za dodávku služby – „světlo“.

Nájemce:

- spravuje – opravuje, udržuje a provozuje VO
- investuje do majetku pronajímatele s jeho souhlasem
- převezme veškeré současné zaměstnance
- platí za dodávku elektřiny dodavateli.

### **3.3.3 Společný podnik s městem na provozování VO**

Od dlouhodobého nájmu se tato varianta liší tím, že časové období zde není definováno. Varianta umožňuje městu okamžitou možnost kontroly plnění všech povinností, týkajících se VO. Město do společného podniku vkládá soubor movitých a nemovitých majetků v souvislosti s VO a své zaměstnance, druhý podílník pak svoje know-how a finanční prostředky. [6]

Město:

- získá strategického partnera na VO
- finanční prostředky partnera se účelně vynakládají na modernizaci VO města
- odpadne starost o provoz VO (elektřina, zaměstnanci)
- případný zisk společnosti vylepší rozpočet města.

### **3.4 Ekonomické hodnocení veřejného osvětlení**

#### **3.4.1 Provozní náklady**

Do provozních nákladů na zařízení VO se řadí všechny náklady vynaložené na výkon správy VO včetně zajištění nepřetržitého poruchového dispečinku a zásahové poruchové služby, na úhradu spotřebované elektrické energie, na zajištění údržby, na zabezpečení pravidelných revizí, provozních a technických dokumentací, na zpracování a aktualizaci mapového pasportu VO. Náklady na výkon správy VO jsou předmětem smluvního vztahu mezi vlastníkem a subjektem, který správu VO vykonává. Tyto náklady se orientačně pohybují v řádu 10 % celkového objemu nákladů na údržby VO. Částka je proměnná podle skutečných nákladů a je ovlivňována např. počtem pracovníků, mzdové a ostatní náklady, provoz dispečinku VO. [7]

#### **Náklady na spotřebovanou elektrickou energii**

Jedná se o pravidelný odběr podle určitého spínacího kalendáře. Provoz VO za jeden rok je přibližně 4100 hodin. Pokud tedy správce zařízení zná příkony všech světelných zdrojů v soustavě, umí jednoduše vypočítat roční spotřebu elektrické energie. Podle aktuální ceny elektrické energie, paušálních plateb za předřadné jištění RVO lze stanovit finanční potřebu pro daný rok. Je nutné přihlídnout také k nákladům na slavnostní osvětlení. [7]

#### **Náklady na zajištění údržby VO**

Tyto náklady mají rozhodující vliv na technický stav zařízení, jedná se tedy o podstatnou část provozních nákladů. Stanovení optimální výše těchto nákladů nelze zcela určit a výdaje jsou u jednotlivých měst či obcí hodně odlišné. Rozhodující tak jsou momentální možnosti rozpočtu města a dosavadní zavedený trend na úkor skutečné potřeby zařízení. [7]

### **3.4.2 Investiční náklady staveb VO**

#### **Předběžný odhad investičních nákladů celkové rekonstrukce VO**

Určení investičních nákladů pro celkovou rekonstrukci VO je velmi obtížné a odhad je většinou velmi nepřesný. Jistou možností je určit poměrný náklad na rekonstrukci jednoho světelného místa a podle pasportizace určit počet světelných míst, které podléhají rekonstrukci. Celkové náklady se pak získají vynásobením těchto dvou údajů. Provedená analýza již realizovaných staveb ve městech z hlediska výpočtu průměrných investičních nákladů na jedno SM prokázala široké rozpětí výsledných cen. V závislosti na technickém provedení se výsledky pohybovali v rozmezí od 15 tisíc Kč/SM až po 80 tisíc Kč/SM. Z toho vyplývá, že každá rekonstrukce je svým způsobem specifická a nedá se stanovit průměrná hodnota ceny na rekonstrukci 1 SM.

Pro kvalifikovaný odhad nákladů na rekonstrukci VO je nutný podrobnější rozbor zakázky. V rozboru je nutné podle skutečných podmínek stanovit poměr mezi silničními a sadovými SM, poměr mezi výkopovou rýhou v zeleni a ve zpevněných plochách, množství přechodů atd. Dále je nutné uvažovat s počty osazovaných rozvaděčů a regulátorů. Velký vliv má také umístění stavby. Odlišná čísla vycházejí u staveb v památkově chráněném území, sídlišť, vilových čtvrtích a u VO samostatně položené komunikace. [7]

## 4 Hlavní cíle obnovy veřejného osvětlení

### 4.1 Pasportizace VO

Důležitou součástí pro správní a řídicí činnost v oblasti veřejného osvětlení je pasport VO. Všichni správci veřejného majetku musí vést celkovou evidenci. Kvalitní údržba a modernizace vychází z úplného a průběžně aktualizovaného pasportu. Zákon 183/2006 Sb. navíc ukládá vedení digitálních informací o spravovaných sítích. Každý správce inženýrské sítě má povinnost vytvořit a udržovat řádný pasport VO, který ve své mapové části udává komplexní informace o rozvodu VO. Pasport je obvykle rozdělen na hospodářskou a technickou část. [6]

#### Hospodářská část pasportu

Zahrnuje hlavní údaje evidence, pomocí nichž lze sledovat skladbu a úroveň VO v daném území.

Hospodářská část obsahuje:

- majetkovou evidenci
  - celkový počet rozvaděčů v členění na zapínací, odbočné a smyčkové
  - celkový počet světelných míst do výšky pod 6 m a nad 6 m
  - celkový počet rozdělení svítidel na sadová, ramínková, výložníková, převěsová
  - celkový počet světelných zdrojů v členění na výbojkové, žárovkové a zářivkové
  - celkovou délku kabelového a venkovního vedení
- celkový instalovaný příkon v kW a členění podle zapínacích míst, oblastí a celého města
- hodnotu celkové roční spotřeby elektrické energie v kWh
- celkovou délku osvětlovaných komunikací rozdělených na komunikace s motoristickým provozem a komunikace pro pěší a cyklisty.



## Technická část pasportu

Jedná se o technický popis zařízení veřejného osvětlení, tvoří základ evidence VO. Součástí technické části pasportu je popis veškerého spravovaného zařízení VO a energetických údajů, které slouží pro získání technických a statistických informací celého spravovaného celku. Tato část se dělí na následující tři okruhy:

- evidence administrativy – v této evidenci jsou uloženy veškeré písemnosti jako např. smlouvy o dílo, dokumentace stavby VO dle skutečného provedení, revizní zprávy, kolaudační protokoly, stavební povolení a další
- technická evidence – evidenci je možno vést buď v systému dle zapínacích míst, dle mapových čtverců nebo podle komunikací. Ve všech případech musí mít následující náležitosti:
  - seznam komunikací, seznam mapových čtverců, seznam zapínacích míst
  - souhrn zařízení podle kódu, ve kterém evidenci vedeme
  - údaje k zapínacímu místu
  - údaje ke světelnému místu
  - údaje o provedení a charakteru rozvodu VO
  - další potřebné sumární informace a hodnoty podle struktury vložených jednotlivých údajů. Podle použitého systému vedení těchto údajů jsou dány možnosti a operativnost výběru potřebných souhrnů a sestav jako např. údaje k dané komunikaci.
- mapová evidence:
  - základem mapové evidence je soubor mapových čtverců buď technické nebo katastrální mapy města či obce v měřítku 1:1000. V dnešní době je evidence v digitální formě, dříve bývala vedena ručním zpracováním na mapových čtvercích katastru nemovitosti. [6]

## 4.2 Generel VO

Slouží pro plánování rozvoje zařízení VO města. Obsahuje výhledový plán zpracovaný přibližně na 5 – 10 let dopředu. Dále zahrnuje zákony a normy, pravidla, požadavky, jimiž se řídí provozování, plánování i výstavba veřejného osvětlení.

Generel veřejného osvětlení vychází z údajů pasportu veřejného osvětlení, pasportu místních komunikací a silničních průtahů, územního plánu, požadavků dopravní policie a příslušných odborů dopravy z hlediska bezpečnosti. [2]

Generel obsahuje:

- zatřídění komunikací do stupňů osvětlení podle norem
- přehled nebezpečných úseků komunikací a křižovatek
- přehled nebezpečných přechodů pro chodce a doporučení na zvýšená bezpečnostní opatření
- rozbor noční nehodovosti a návrh světelných opatření k jejímu snížení
- zásady vedení pasportizace a jejího dalšího vývoje
- zásady projektování staveb VO.

Hlavní část generelu koncepčně určuje světelně technická řešení. Zahrnuje zatřídění stávajících i nově plánovaných komunikací do skupin osvětlení a určuje požadavky na osvětlení dle normovaných hodnot. Stanovuje také požadavky na osvětlení pro pěší zóny a cyklistické stezky. Světelně technická část je důležitým podkladem pro správce VO při vyjadřování se ve všech stupních stavebního řízení a k samostatným projektům výstavby nebo rekonstrukce VO. [6]

#### 4.3 Respektování nepříznivých vlivů osvětlovacích soustav

Na problémy rušivého světla poukázali především astronomové, z důvodu stále se zhoršujících podmínek pro pozorování noční oblohy. Pro mezinárodní označení této problematiky byl zaveden termín „light pollution“, který zastupuje celkový souhrn nepříznivých vlivů umělého venkovního osvětlení. Rušivé světlo vyjadřuje nadměrné elektromagnetické záření ve viditelné oblasti produkované umělými světelnými zdroji šířící ve venkovním prostoru. Vznikají nežádoucí jevy, jako je jas oblohy, oslnivé světlo, světlo narušující přirozený stav nočního prostředí a světlo dopadající do lidských příbytků. Důsledky rušivého světla lze tedy rozdělit z pohledu na životní podmínky do třech směrů: [7]

- závojevý jas oblohy
- oslnivé světlo
- světelný přesah.

Důležité předpisy pro ochranu nočního prostředí jsou zejména předpisy TKP – 15 vydané Ministerstvem dopravy a Nařízení komise č. 245/2009. Podle těchto ustanovení by se měl maximální podíl světelného toku vyzařovaného nad vodorovnou rovinu (*ULOR*) pohybovat v rozmezí uvedených v následující tabulce. [4]

Tab. 4: Maximální světelný tok vyzařovaný nad vodorovnou rovinu [4]

Třída osvětlení	Světelný tok zdroje $\Phi$ (klm)	<i>ULOR</i> (%)
ME1 až ME6 a MEW1 až MEW6	všechny	3
CE0 až CE5, S1 až S6, ES, EV a A	$12 \leq \Phi$	5
	$8,5 \leq \Phi < 12$	10
	$3,3 \leq \Phi < 8,5$	15
	$\Phi < 3,3$	20

Velikost *ULOR* je definována jako podíl světelného toku světelného zdroje ve svítidle vyzařovaného nad vodorovnou rovinu proloženou svítidlem.

#### 4.3.1 Závojový jas oblohy

Závojový jas je především způsoben světelným tokem, který přímo uniká z umělých světelných zdrojů. Dále je tvořen odrazem od povrchů. Světelný tok se pak šíří atmosférou, která tvoří prostor kolem Zeměkoule.

Prostupnost světelného záření do atmosféry závisí na jejím chemickém složení, jako jsou např. vodní páry, prachové částice a aerosoly tvořící bariéru prostupujícímu světlu. Taková mikročástice pak světelný tok částečně odrazí, částečně pohltí a částečně projde jejím povrchem. Odražená složka světelného toku je nejdůležitější. V takovém případě se vrací směrem k pozorovateli nebo opět naráží na zmíněné bariéry a je opět rozptylována, pohlcována a propouštěna. Výsledkem je interakce světla a prostředí, projevující se vznikem tzv. závojového jasu. Zvýšení jasu oblohy zapříčiňuje snížení kontrastu mezi jasy objektů na obloze a jasnem oblohy, který zvyšuje adaptační schopnost zrakového orgánu. To snižuje pozorovatelnost objektů. Závojový jas oblohy zejména v astronomické praxi se stává hlavním tématem světelného znečištění. [7]

#### 4.3.2 Oslnivé světlo

Rušivé světlo se může projevovat i jako oslnění. Při rozlišování předmětů v zorném poli je důležité, aby tyto předměty měly různé jasy a tím vynikla jejich prostorová kompozice a jejich struktura. Rozhraní se může vytvořit na styku ploch různých jasů. Pro rozlišení předmětů je důležitý rozdíl jasu předmětu kritického detailu  $L_a$  a jasu bezprostředního okolí  $L_b$ . Kontrast jasu nám pak udává stupeň rozeznatelnosti. Důležitá je rovnoměrnost jasu kritického detailu a bezprostředního okolí. [7]

$$K = \frac{|L_a - L_b|}{L_b} \quad [-; \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (4.1)$$

Oslnění pak vzniká, jestliže je kontrast jasu či jas samotný větší než na jaký je zrakový orgán adaptován. Důvodem může být špatně nasměrované nebo předimenzované svítidlo. Oslnění ruší zrakovou pohodu, znemožňuje vidění, zvyšuje celkovou únavu a v krajním případě může způsobit újmu na zrakovém orgánu. [7]

#### 4.3.3 Světelný přesah

Světelný přesah je způsobený špatnou distribucí světelného toku za své funkční hranice, jedná se tedy o nežádoucí světlo. Příkladem může být světlo dopadající do příbytků nebo světlo osvětlující i sousední pozemky. Světelný přesah se projevuje zvýšenou vertikální osvětleností svislých ploch. [7]

## 5 Kritéria pro podání žádosti o dotaci

Koncepčně zastaralý a nevhodný stav veřejného osvětlení řeší velká část investorů, respektive zodpovědných zástupců měst a obcí rychle, levně, bez zásadních finančních kroků. Stávající nedostatky na technickém stavu VO jsou brány jen jako dočasný problém.

Rozumný investor by měl postupovat tak, že v první fázi by si měl nechat zpracovat pasport stávajícího technického zařízení veřejného osvětlení a na jeho základně zhodnotit technický stav zařízení a navrhnout koncepci obnovy a vlastní rekonstrukci. Nejlepší řešení je zpracování Energetického auditu VO, který zpracovává autorizovaný energetický auditor ve spolupráci s projektantem, která má zkušenosti s navrhováním energeticky efektivního osvětlení. [8]

### 5.1 Podmínky poskytnutí a příprava dotace

Dotace může být udělena podnikatelským subjektům, neziskovým organizacím, vysokým školám, městům, obcím a krajům a jimi zřízeným organizacím, sociálním a zdravotnickým zařízením, zájmovým sdružením, výzkumným organizacím, veřejnoprávním organizacím, sdružením právnických osob. Přístupný typ žadatele je specifikován u jednotlivých podporovaných aktivit.

Žadatel o dotaci musí provádět činnost území ČR a mít k datu podání žádosti vypořádány všechny závazky vůči státnímu rozpočtu a státním fondům republiky, včetně bezdlužnosti vůči zdravotním pojišťovnám.

Jednou z hlavních podmínek poskytnutí dotace je, že všechny dokumentace, vztahující se k podpořeným řešením, použité materiály a provedení stavebních a montážních prací musí odpovídat platným normám a předpisům ČR. [8]

Seznam základních požadavků:

- normativní požadavky
- technické požadavky
- návrh osvětlovací soustavy

#### Normativní požadavky

V současné době platí pro navrhování, údržbu, provoz a kontrolu veřejného osvětlení soubor norem ČSN EN 13201, který se skládá ze čtyř předpisů.

Další normy a předpisy, které jsou k uvedeným normám přidruženy, určují osvětlení konkrétních typů komunikací. Technické normy jsou dle zákona 22/1997 Sb. od 1.1.2000 nezávazné, to ovšem neznamená, že jsou neplatné. Některá ustanovení technických norem byla přijata do obecně platných vyhlášek a zákonů. [8]

#### Technické požadavky

Předpokladem pro dosažení energetických úspor z řízení a provozu veřejného osvětlení je zejména navržení takového souboru technických zařízení, které mimo jiné zajistí variabilní způsob ovládání doby provozu v závislosti na intenzitě dopravy, denní době a vlastním místě osazení osvětlení. [8]

## Parametry, které ovlivňují energetickou náročnost

### Ovládací a řídicí systém

Soustava veřejného osvětlení města musí zajistit vedle efektivního zapínání a vypínání osvětlovací soustavy také možnost kontroly elektrických veličin (příkonu), podstatných pro ekonomické vyhodnocení provozu pomocí dispečerské činnosti. Pomocí ovládacího a řídicího systému lze měnit v závislosti na čase a provozní situaci úroveň osvětlení tzn. provádět regulaci příkonu a tím zvyšovat efektivitu úsporných opatření.

Důvody a výhody regulace veřejného osvětlení se plně projeví především při komplexním řešení rekonstrukce osvětlovací soustavy. Regulaci je možné nainstalovat i do stávajících soustav, podmínkou je však dobrý technický stav rozvodných sítí. Doporučuje se provádět proudovou regulaci, která může navíc sloužit jako detekce provozního stavu svítidla. [8]

### Volba technických prostředků

Mezi technické prostředky, které tvoří osvětlovací soustavu a ovlivňují energetickou náročnost, patří světelné zdroje, předřadné přístroje, svítidla a řídicí systémy.

Ukazatel účinnosti světelných zdrojů je měrný výkon, posuzuje přeměnu elektrické energie na energii světelnou. Některé druhy světelných zdrojů potřebují ke svému provozu předřadné přístroje, které zabezpečují stabilní provoz a start světelného zdroje nebo upravují napájecí napětí či proud. Energeticky se předřadné přístroje charakterizují ztrátovým příkonem  $P_Z$  (W). Příkony světelných zdrojů se běžně uvádějí bez ztrát v předřadných přístrojích. V takovém případě energetické srovnání světelných zdrojů lze použít jen jako určité vodítko.

Z hlediska energetického hodnocení svítidel je důležitá jejich účinnost  $\eta_{sv}$  (-), která udává podíl výstupního světelného toku svítidla a světelného toku všech světelných zdrojů ve svítidle. Další důležitý parametr je charakter vyzařování svítidla, tedy prostorové rozložení vyzařovaného světelného toku. Tento parametr se popisuje křivkami svítivosti. Při celkovém hodnocení energetické náročnosti technických prostředků je dobré vycházet z měrného výkonu svítidla. Lze tak hodnotit i celé osvětlovací soustavy. Měrný výkon se pak určí jako poměr světelného toku vyzařovaného všemi svítidly soustavy k jejich celkovému elektrickému příkonu. [1]

### Kontrola dimenzování osvětlovací soustavy

Na začátku provozu nové osvětlovací soustavy je výsledná hodnota osvětlenosti na srovnávací rovině vždy vyšší, než jaké jsou uvedené hodnoty v normách. To je způsobeno tím, že požadované parametry osvětlení musí být dodrženy po celou dobu života osvětlovací soustavy. Osvětlovací soustava musí být vlivem stárnutí předdimenzovaná.

Jisté zvýšení hodnot osvětlenosti nastává také z důvodu výkonových řad světelných zdrojů a svítidel. Proto zpravidla nelze dosáhnout přesně požadovaných světelně technických parametrů.

Určitý způsob, jak eliminovat popsané předdimenzování je za pomoci použití stmívatelných svítidel připojených na řídicí systém osvětlení, který je schopen pokles světelného toku vyrovnávat postupným zvyšováním příkonu svítidel tak, aby byly zachovány požadované parametry osvětlení. [1]

## **Obecné požadavky na svítidla**

Velmi důležitý parametr z hlediska energetických úspor je činitel využití, který je vzájemně provázán s účinností svítidel. Bude-li světelný tok ze svítidla správně směřován, tak i méně účinné svítidlo zajistí kvalitnější a ekonomičtější osvětlení.

Moderní svítidla, která zajišťují svojí kvalitou minimalizaci nákladů na provoz, musí mít následující vlastnosti.

Vysoké krytí IP pro celé svítidlo. Svítidla s nižším krytím se znečišťují mnohem rychleji, což vede k poklesu světelného toku. Nastane-li případ, kdy není zaručena dostatečná osvětlenost, musíme takové svítidlo osadit silnějším světelným zdrojem nebo zvýšit počet svítidel.

Vedle dokonalého krytí je důležitý systém umožňující výstup vodních par. Jestliže se svítidlo otevře za vlhčího ovzduší, pak po jeho uzavření zůstane vlhký vzduch uvnitř. Vlhký vzduch, který se nemůže odpařit, uvnitř kondenzuje a snižuje účinnost svítidla. Jednostranně propustná membrána umožní, aby vlhkost ze svítidla vystoupila a naopak žádná nepronikla dovnitř.

Další požadavek na svítidlo je možnost měnit polohu světelného zdroje a refraktoru. Tím se docílí optimálního nastavení pro konkrétní situace.

Všechny popsané parametry svítidla je nutné zúročit kvalitním návrhem osvětlení. Jinak ani nejúčinnější svítidlo s nejvhodnější charakteristikou svítivosti nezajistí optimální ekonomické a energetické využití. Realizace osvětlovací soustavy by měla být podložena kvalifikovaným návrhem světelným technikem. [8]

## Vypracování návrhu osvětlovací soustavy

Pro budování nové části veřejného osvětlení, popřípadě zahájení rekonstrukce je vždy nutno zpracovat technickou – projektovou dokumentaci. Všechna elektrická zařízení, která jsou uvedena do provozu, musí mít dodanou dokumentaci, umožňující stavbu, provoz, údržbu a revizi zařízení, jakož i výměnu jednotlivých částí zařízení a další rozšiřování zařízení. Dokumentace slouží jednak pro zaznamenání případných změn při realizaci a také jako podklad pro výchozí a pravidelnou periodickou revizi el. zařízení.

Podklady pro vypracování projektové dokumentace jsou:

- územní plán
- pasport veřejného osvětlení
- generel veřejného osvětlení.

Součástí projektové dokumentace jsou:

- technické údaje el. sítě, spotřeba el. energie, instalovaný výkon
- ochrana před úrazem elektrickým proudem
- napájecí zdroj el. energie
- jištění, ovládání, regulace a měření spotřeby el. energie
- druhy rozvodné el. sítě (kabelové, z holých vodičů, podzemní, nadzemní)
- vlastní návrh osvětlení:
  - celková délka komunikace, průměrná šířka komunikace
  - stupeň a výpočet osvětlenosti
  - návrh druhu svítidel a světelných zdrojů.
- výkaz materiálu případně montážních prací
- návrh rozpočtu
- projednání s dotčenými orgány státní správy a správci dotčených sítí.

Pro úspěšný průběh obnovy veřejného osvětlení je důležité nejen to, aby byla osvětlovací soustava správně navržena, ale zejména to, aby návrh byl realizován v souladu s projektovou dokumentací.

Celkový výsledek je ovlivněn samozřejmě i výběrem montážní organizace. Dále je důležitá trvalá spolupráce mezi projektantem a dodavatelem. To lze vyřešit objednávkou autorského dozoru u projektanta, eventuálně může projektant provádět i technický dozor pro investora, a tím způsobem kontrolovat pracovní postupy dodavatele v průběhu montážních prací. To je vhodné zejména při neznalosti technických detailů ze strany investora, aby dodavatel nemohl v průběhu prací nepřiměřeně zvyšovat finanční nároky. [8]

## 5.2 Zhodnocení environmentálních aspektů

### 5.2.1 Snížení emisí

Světelné emise jdoucí k obloze lze snížit v případě venkovního osvětlení komunikací a veřejného prostranství následujícími způsoby:

- Instalováním svítidel s plochým sklem ve vodorovné poloze na místech, kde je pevně dána jejich poloha a svítidla jsou použita jednotlivě, tedy například:
  - vjezdy do objektů
  - přechody pro chodce
  - zastávky MHD
  - malé osvětlovací plochy, osvětlené maximálně čtyřmi svítidly.
- Použitím regulace osvětlení, která se rozděluje na stupňovitou nebo plynulou. Není možné provádět regulaci osvětlovací soustavy tak, že se bude zapínat „ob stožár“ – takové osvětlení způsobuje neustálou adaptaci oka na změnu jasu v zorném poli, což může být příčinou dopravní nehody. Jestliže bude soustava provozována po polovinu noci s polovičním světelným výkonem, zmírní se zatížení nočního prostředí o čtvrtinu. To je významně víc, než lze dosáhnout pomocí záměny „klasických“ svítidel pro veřejné osvětlení svítidly s plochým sklem.
- Náhradou svítidel, které svítí v enormních hodnotách přímo do horního poloprostoru. Toto se netýká běžných svítidel pro osvětlování komunikací s vydutou mísou. Jedná se především o tzv. světelné koule. Pokud však taková svítidla nejsou instalována v citlivých lokalitách, jako jsou přírodní rezervace nebo astronomické observatoře, je žádoucí posoudit i estetické působení takových svítidel.
- Rekonstrukcí osvětlení. Pro určení konkrétního typu svítidla je nutná spolupráce se světelným technikem. Je třeba posuzovat rušivé účinky jednotlivých typů svítidel, protože mohou nastat situace, kdy množství světla vyzařovaného k obloze je vyšší u cloněných svítidel než u svítidel s obvyklými vydutými mísami.
- Snížením emisí při osvětlování památek a architektury. Je vhodné preferovat svícení směrem k zemi. Pokud to není možné, například při osvětlování kostelní věže, pak je nutné zajistit, aby jen minimum světla bylo vyzařované mimo osvětlovaný objekt, případně světlo doplnit vhodnými clonami. Návrh architektonického osvětlení by měl provést kvalifikovaný odborník.

Je nepřípustné provádět záměnu svítidel s vydutými mísami za svítidla s plochým sklem z některých z těchto případů:

- postupnou záměnou – to znamená vyměnit jedno svítidlo v řadě
- vyměnit celou řadu bez znaleckého posouzení, v případě dobře navržené původní soustavy, pak může záměna svítidel způsobit nesplnění kvantitativních a kvalitativních požadavků na osvětlení.

Dále je nepřijatelné odstranění vydutých skel bez náhrady nebo jejich náhrada plochými skly vyrobených svépomocí. Takový zásah do konstrukce svítidla poruší jeho vlastnosti a dojde ke ztrátě homologace a svítidlo nemůže být provozováno.

Další úpravy svítidla svépomocně vyrobenými clonami nebo nátěry omezující vyzařování světla například pro zamezení dopadu světla do přilehlých oken nejsou povoleny. Takové úpravy lze provádět pouze pomocí homologovaných prvků pro dané svítidlo. [8]



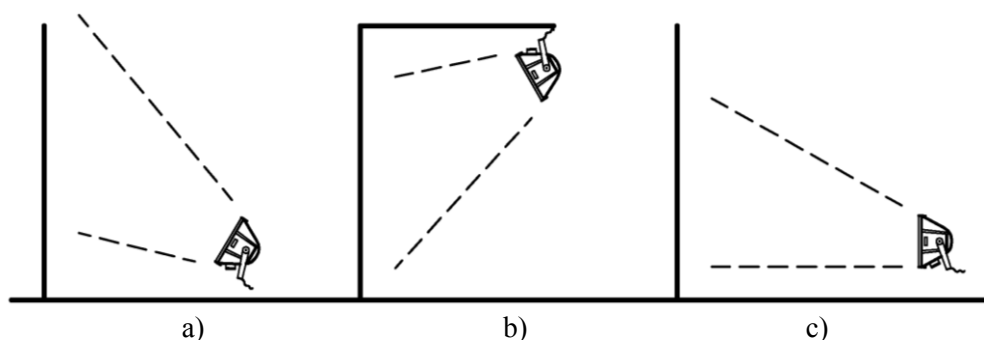
### 5.2.2 Omezení rušivého světla

Potlačení světelných projevů rušivého světla způsobující závojevý jas oblohy, oslnění a světelný přesah je nutné uvažovat při návrhu, provedení, provozu a údržbě venkovního osvětlení. Omezení těchto projevů lze dosáhnout těmito způsoby:

- nerealizovat osvětlení tam kde není potřeba
- správný návrh, provoz a údržba osvětlovací soustavy
- regulací osvětlovacích soustav
- vhodnou instalací a nasměrování svítidel
- změnou optických vlastností prostoru
- vlivem umělých a přírodních bariér. [7]

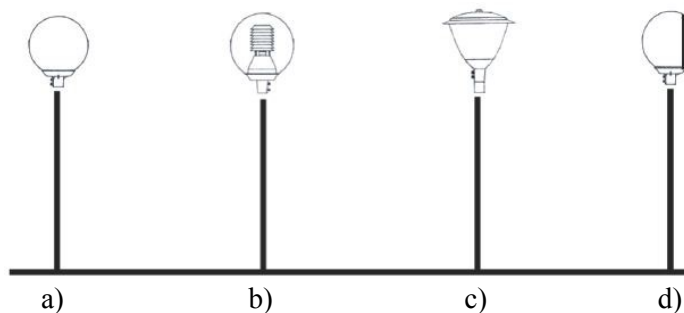
#### Doporučená instalace a nasměrování svítidel

K osvětlování svislých a vodorovných ploch je vhodné používat svítidla, která jsou nasměrována tak, aby světelný tok směřoval přímo dolů (obr. 6, případ b) nebo alespoň směřován přímo na osvětlovaný objekt (obr. 6, případ c). U svítidel, která jsou nasměrována vzhůru, pak využíváme clony, které omezují neefektivně distribuovanou složku světla. [2]



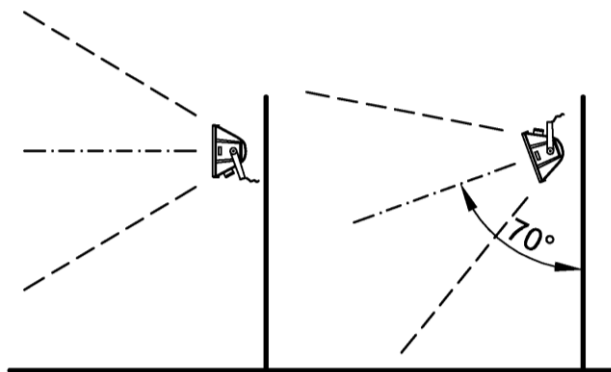
Obr. 6: Instalace a nasměrování svítidel [2]

Doporučuje se používat technická zařízení, která zajistí eliminaci světelného toku distribuovanou přímo do horního poloprostoru. Parkové svítidlo (obr. 7, případ a) vyzařuje přímo do horního poloprostoru přibližně 50 % světelného toku a způsobuje oslnění. V případě b) je svítidlo vybaveno prstencovou clonou, která je vyrobena z čistého leštěného hliníku. Pro omezení distribuce světelného toku do horního poloprostoru slouží také vrchlík svítidla, viz případ c). Pro omezení světelného přesahu je možné svítidlo doplnit clonou, která zabraňuje šíření světla v nežádoucí směr, případ d).



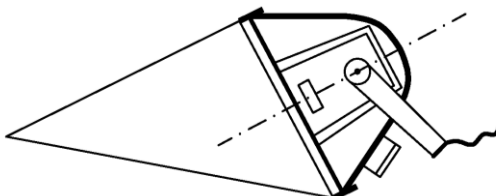
Obr. 7: Omezení distribuce světelného toku do horního poloprostoru technickými prostředky [2]

Pro omezení oslnění je nezbytné nasměrovat svítidla tak, aby hlavní paprsek žádného ze svítidel směřujících na kteréhokoliv případného pozorovatele neměl elevační úhel větší než  $70^\circ$ . Elevační úhel je závislý také na montážní výšce svítidla. Čím vyšší je montážní výška, tím menší elevační úhel je postačující. Vhodné nasměrování svítidla zamezuje případnému světelnému přesahu.



Obr. 8: Velikost elevačního úhlu [2]

Používáme přednostně světlomety s asymetrickými výstupními paprsky, které je možné nainstalovat rovnoběžně s osvětlovanou plochou.



Obr. 9: Světlomet se speciálním směřovačem světelného toku [2]

Nežádoucí distribuci světelného toku za hranice osvětlované oblasti lze omezit použitím fyzických zábran. Rozlišujeme přírodní bariéry jako např. křoví a stromy a umělé (ploty, zemní násypy apod.). V příbytcích to pak mohou být rolety nebo žaluzie.

### **Optické vlastnosti daného prostoru**

Samotná dráha světelného toku ze světelného zdroje je ovlivněna optickými parametry prostředí. Velikost světelného toku, který je rozptýlen na své dráze do horního poloprostoru je možné snížit těmito opatřeními:

- použitím vhodného krytí IP 65 až IP 67, které zabraňuje vniknutí nečistot do optického bloku, čímž dochází k menšímu rozptylu světelného toku na optickém krytu svítidla.
- volbou povrchu osvětlované oblasti, volit povrch s co nejlepšími difuzními vlastnostmi
- čistotou vzduchu v osvětlovaném prostoru, neboť velké množství nečistot v prostoru zapříčiňuje odraz světelného toku nevhodným směrem. [7]

### **5.2.3 Náklady spojené s odpady při provozu VO**

Odpady, které vznikají při provozu veřejného osvětlení, především při údržbě a obnově, je nutno likvidovat v souladu se zákonem č. 158/2001 Sb., vyhláškou č. 383/2001 Sb. Odpad je obecně definován jako movitá věc, která pro vlastníka již není potřebná nebo která byla vyřazena na základě zvláštního právního předpisu. Původcem odpadů je právnická nebo fyzická osoba, která je oprávněna k podnikatelské činnosti, při které vzniká odpad. U veřejného osvětlení patří mezi nejzávadnější odpad výbojové světelné zdroje. Povinnosti původce odpadů:

- trvale nabízet k využití odpady, které není schopen sám využívat, nelze-li odpady využít, zajistit jejich zneškodnění
- shromažďovat, evidovat, zařazovat, kontrolovat a zabezpečovat své odpady.
- nakládat s nebezpečnými odpady je možno jen se souhlasem příslušného okresního úřadu, tento souhlas se nevztahuje při přepravě a dopravě
- odpovědnost původce končí v okamžiku předání odpadu oprávněné osobě.

Vzhledem k činnosti, při které vzniká odpad, musí mít provozovatelé VO ze zákona č. 17/1992 Sb. o životním prostředí vypracovaný a příslušným státním orgánem schválený program odpadového hospodářství. [8]

## 6 Vícekriteriální rozhodování

Teorie vícekriteriálního rozhodování vychází z matematického modelování. Modely vícekriteriálního rozhodování zobrazují rozhodovací problémy, v nichž se konečné rozhodnutí posuzuje podle více kritérií. Více kritérií při hodnocení vnáší do řešení obtíže, které jsou způsobeny z obecné protichůdnosti kritérií. Ne všechna kritéria ukazují na stejné řešení. Účelem modelů v těchto situacích je tedy nalezení nejlepší varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant, případně uspořádání množiny variant. [9], [10]

Existují dva základní typy modelů, které závisí na způsobu zadání množiny přípustných variant. Je-li množina přístupných variant zadána ve formě konečného seznamu, jedná se o úlohu vícekriteriálního hodnocení variant, je-li množina přípustných variant nekonečná, tak jde o úlohu vícekriteriálního programování. [9]

### 6.1 Modelování preferencí

Vícekriteriální rozhodování je modelování rozhodovacích situací, ve kterých máme definovanou množinu variant a souborů kritérií, podle nichž budeme varianty hodnotit. Podstatnou součástí tohoto modelu je i modelování preferencí uživatele.[9]

V praxi existuje více způsobů, jak definovat vhodná kritéria a určit jejich váhy. To znamená, že návrh kritérií i jejich vah může být zcela v režii jednoho odborníka. V takovém případě je i možné vyhodnocení tímto odborníkem seřazení jednotlivých variant na základě metod vícekriteriálního rozhodování. Zde ovšem může dojít k situaci, že jeden řešitel bez možností dalších konzultací a rad nemusí zvolit správnou množinu kritérií. Určitou výhodou může být doba potřebná k získání vah variant, protože do řešení nebude nutno zapojit velké množství osob.

V případech, kdy se na určování kritérií podílí skupina odborníků, tak je zajištěna vyšší míra objektivity. Je velmi nepravděpodobné, že by skupina hodnotitelů opomenula důležitá kritéria. [11]

Preference kritérií může být vyjádřena různým způsobem.

#### Aspirační úroveň kritéria

Stanovení aspiračních úrovní nevyjadřuje preferenci kritérií přímo, neudává, které kritérium je důležitější, udává pouze, čeho má být dosaženo. Kritérium se stává důležitější na základě přísnějšího požadavku aspirační úrovně. Obráceně, čím méně je náročný požadavek určený aspirační úrovní, tím je kritérium méně důležité. [10]

#### Ordinální informace

Ordinální informace o kritériích představuje jejich uspořádání od nejvíce důležitého po nejméně důležitá. U některých metod je možné postavení několika stejně hodnocených kritérií. [9]

## Kardinální informace

Zahrnuje seřazení kritérií podle významnosti a současně stanovuje relativní významnost jednotlivých kritérií v podobě vah. Váha kritéria je v rozmezí 0 až 1. Součet vah všech kritérií se musí rovnat jedné. [10]

## 6.2 Metody stanovení vah kritérií

Váha kritéria je závislá na její důležitosti. Získat hodnoty vah přímo od uživatele je velmi obtížné, avšak existují metody, které pomocí základních subjektivních informací od uživatele konstruují odhady vah. [9]

### Metoda pořadí

Tato metoda požaduje pouze ordinální informaci, stanovení pořadí kritérií podle důležitosti. Jednotlivým kritériím jsou přiřazena čísla  $k, \dots, 1$ . Nejdůležitějšímu kritériu je uděleno číslo  $k$ , které se rovná celkovému počtu kritérií. Druhé nejdůležitější kritérium má číslo  $k-1$ . Nejméně důležité kritérium se pak rovná jedné. Obecně je  $i$ -tému kritériu přiřazeno číslo  $b_i$ . Váha  $i$ -tého kritéria se pak vypočte dle následujícího vzorce.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}; \quad i=1, 2, \dots, k \quad (6.1)$$

Součet čísel  $b_i$  ve jmenovateli je součtem prvních  $k$  přirozených čísel.

$$\sum_{i=1}^k b_i = \frac{k(k+1)}{2} \quad (6.2)$$

### Bodovací metoda

Bodovací metoda vychází ze schopnosti uživatele kvantitativně ohodnotit důležitost kritérií. Bodovací stupnici je možné zvolit podle potřebných podmínek a rozsahu hodnocení. Čím je kritérium důležitější, tím je bodové hodnocení vyšší. Uživatel nemusí volit pouze celá čísla z dané stupnice a může udělit stejnou hodnotu i více kritériím. Bodovací metoda sice vyžaduje od uživatele kvantitativní ohodnocení kritérií, ale zároveň umožňuje diferencovanější vyjádření subjektivních preferencí než metoda pořadí. Výpočty vah se pak provádí stejným způsobem jak u metody pořadí. [9]

## Metoda párového srovnání

Pro odhad jednotlivých vah se kritéria vzájemně po dvojicích srovnávají a určuje se, které je důležitější. Počet srovnání lze určit ze vztahu (6.3).

$$N = \binom{k}{2} = \frac{k(k-1)}{2} \quad (6.3)$$

Srovnání lze provádět v tzv. Fullerově trojúhelníku. Nejprve je nutné kritéria očíslovat pořadovými čísly  $1, 2, \dots, k$ . Nyní pomocí trojúhelníku, jehož dvouřádky tvoří dvojice pořadových čísel uspořádaných tak, že se dosáhne vzájemného srovnání všech kritérií. Uživatel pak rozhoduje, které kritérium je důležitější, to se pak zakroužkuje. Počet zakroužkování  $i$ -tého kritéria označujeme  $n_i$ . Váha  $i$ -tého kritéria se vypočte podle uvedeného vzorce. [9]

$$v_i = \frac{n_i}{N}; \quad i=1,2,\dots,k \quad (6.4)$$

Schéma Fullerova trojúhelníka:

1	1	1	.	.	1
2	3	4	.	.	k
<hr/>					
	2	2	.	.	2
	3	4	.	.	k
	<hr/>				k
				k-2	k-2
				k-1	k
				<hr/>	
				k-1	
				k	

Hlavní výhodou této metody je jednoduchost vyžadované informace od uživatele. Může nastat i situace, kdy je možno připustit, že některá kritéria jsou stejně důležitá. V případě, že chceme eliminovat nulové váhy, zvyšuje se v případě potřeby každý počet zakroužkovaných čísel o jedničku a musí se odpovídajícím způsobem zvýšit i hodnota jmenovatele ve vzorci (6.4). [9]

### 6.3 Multikriteriální vyhodnocování metody

Řada metod vícekritériálního hodnocení variant vyžaduje kardinální informaci o relativní důležitosti kritérií, kterou lze vyjádřit pomocí vektoru kritérií:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k); \sum_{i=1}^k v_i = 1; v_i \geq 0 \quad (6.5)$$

Mezi základní výpočetní principy metod vícekritériálního hodnocení variant patří:

- maximalizace užitku
- minimalizace vzdálenosti od ideální varianty
- vyhodnocování variant na základě preferenční relace [12]

#### Metoda váženého součtu – WSA

Vychází z principu maximalizace užitku, ale dopouští se zjednodušení v tom, že předpokládá pouze lineární funkce užitku. Na počátku je nutné vytvořit normalizovanou kritériální matici  $R = (r_{ij})$ , jejíž prvky získáme z kritériální matice  $Y = (y_{ij})$ , pomocí transformačního vzorce (6.6).

$$r_{ij} = \frac{Y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (6.6)$$

Tato matice již představuje matici hodnot užitku z  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria. Podle vzorce (5.6) lineárně transformujeme kritériální hodnoty tak, že  $r_{ij} \in \langle 0, 1 \rangle$ ,  $D_j$  odpovídá minimální hodnotě a  $H_j$  odpovídá maximální hodnotě.

Pro případ minimalizačního kritéria lze provést normalizaci takového sloupce v matici přímo použitím vztahu (6.7).

$$r_{ij} = \frac{H_j - Y_{ij}}{H_j - D_j} \quad (6.7)$$

Pokud chceme mít všechna kritéria v kritériální matici jako maximalizační ještě před provedením normalizace matice, přepočteme prvky v takovémto sloupci podle vztahu (6.8).

$$y_{ij(\max)} = H_{j(\min)} - Y_{ij(\min)}; i = 1, 2, \dots, p \quad (6.8)$$

Tedy od stávajícího největšího prvku  $H_{j(\min)}$  v daném sloupci postupně odečteme všechny ostatní prvky a tím převedeme sloupec s minimalizačním kritériem na maximalizační. [12]

Užitek varianty  $a_i$  je pak roven:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j \cdot r_{ij} \quad (6.9)$$

Varianta, která dosáhne nejvyšší hodnoty užítu je vybrána jako nejlepší, případně je možné uspořádat varianty podle klesající hodnoty užítu.

### Metoda ideálních bodů - IPA

Jedná se v podstatě o metodu WSA s drobnou úpravou, kde vzorec (6.9) pro konečný užitek variant je upraven na tvar (6.10).

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j \cdot (1 - r_{ij}) \quad (6.10)$$

Čímž se docílí změny v uspořádání seznamu variant tak, že hodnota s nejnižším užítkem je zde nejlepší a naopak. [12]

### Metoda TOPSIS

Metody TOPSIS vychází z principu minimalizace vzdálenosti od ideální varianty. Ideální variantou rozumíme variantu, pro kterou všechny hodnoty kritérií dosahují nejlepších hodnot. Ideální varianta je většinou hypotetická, jako nejlepší varianta se pak vybírá taková, která je podle určité metriky nejbližší k ideální variantě.

Metoda TOPSIS umožňuje úplné uspořádání množiny všech variant, tj. je určena i pro výběr nejlepší varianty. Mezi vstupní údaje patří kritériální hodnoty pro jednotlivé varianty a váhy jednotlivých kritérií.

Kritériální hodnoty pro jednotlivé varianty jsou uspořádány v kritériální matici  $Y=(y_{ij})$ , kde  $y_{ij}$  je hodnota  $i$ -té varianty hodnocené podle  $j$ -tého kritéria.

Metoda je založena na výběru varianty, která je nejbližší k ideální variantě reprezentované vektorem  $(H_1, H_2, \dots, H_k)$  a nejdále od základní varianty reprezentované vektorem  $(D_1, D_2, \dots, D_k)$ .

### Metoda shody a neshody - CDA

V případě metody shody a neshody se jedná o princip, který je založen na porovnání alternativ výběru po dvojicích. Měří stupeň, kterým alternativy výběru a váhy faktorů potvrzují nebo vyvracejí vzájemný poměr mezi alternativami. Rozdíly ve váhách faktorů a hodnocení kritérií jsou pomocí metody shody a neshody analyzovány odděleně.

Index shody alternativy  $a_1$  s alternativou  $a_2$  je definován jako podíl součtu vah těch kritérií, pro která je hodnocení  $a_1$  větší nebo rovno hodnocení  $a_2$ , a součtu vah všech kritérií. Pro index shody tedy platí:

$$C_{a_1 a_2} = \frac{\sum W_j (e_{a_1 j} \geq e_{a_2 j})}{\sum W_j} \quad (6.11)$$



Index neshody alternativy  $a_1$  s alternativou  $a_2$  je definován jako podíl, kde čítec je roven maximálnímu rozdílu vážených hodnocení, pro která je hodnocení  $a_1$  menší než hodnocení  $a_2$ , a jmenovatel je roven maximálnímu rozdílu vážených hodnocení všech alternativ pro kritérium vykazující maximální hodnotu výše definovaného čítele. Index neshody můžeme tedy zapsat:

$$D_{a_1 a_2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{\max(W_j \cdot e_{a_2 j} - W_j \cdot e_{a_1 j}) (e_{a_1 j} < e_{a_2 j})}{\max(W_m \cdot e_{im}) - \min(W_m \cdot e_{im})} \quad (6.12)$$

kde:  $m = j$  při  $D_1 = \max$

Celkový index shody alternativy  $a_1$  získáme jako součet všech indexů shody alternativy  $a_1$  vzhledem ke všem ostatním:

$$C_{a_1} = \sum_{j=1}^J C_{a_1 j} \quad (6.13)$$

Celkový index neshody alternativy  $a_1$  získáme jako součet všech indexů neshody alternativy  $a_1$  vzhledem ke všem ostatním:

$$D_{a_1} = \sum_{j=1}^J D_{a_1 j} \quad (6.14)$$

Závěrečným krokem je pak seřazení jednotlivých alternativ podle maximálního (resp. minimálního) indexu shody a minimálního (resp. maximálního) indexu neshody. Konečné hodnocení dané alternativy získáme následovně:

$$CDA_i = I - C_i + D_i \quad (6.15)$$

Alternativy nakonec seřadíme podle rostoucí (resp. klesající) hodnoty CDA.

## 6.4 Určování kritérií pro posuzování svítidel

Množinu vhodných kritérií určíme na základě stanoveného cíle. Je nutné dodržovat při volbě jednotlivých kritérií základní pravidla:

- musí být zajištěna nezávislost kritérií, to znamená, že jedno nesmí vyplívat z druhého
- žádné kritérium nesmí být zbytečné, tj. takové kritérium, podle něhož mají všechny uvažované varianty shodné hodnocení
- kritéria musí být měřitelná, musíme být schopni srovnat varianty z pohledu každého kritéria
- soubor kritérií musí zahrnovat jak kritéria kvalitativní povahy, tak i kritéria povahy kvantitativní. [13]

Při volbě kritérií vycházíme z obecných požadavků na svítidla. Pro hodnocení svítidel z hlediska primárního účelu, tedy osvětlení nás zajímají především světelně technické parametry. Dále je nutné brát zřetel na prostředí, ve kterém se svítidla nacházejí, a to z pohledu elektrických a provozně technických vlastností. Významný parametr, který je v současné době sledován, je energetická náročnost. V neposlední řadě se posuzuje také jejich vzhled a vizuální působení.

Váhová kritéria je vhodné rozdělit do několika základních skupin. Přičemž je nutné, aby každou skupinu posuzovalo více odborníků. Tím se zajistí dosažení objektivních výsledků. [1]

### **Světelně technické parametry**

Světelně technické parametry svítidel jsou využívány jednak k vyjádření, jak je světelný tok ze svítidla vyzařován do okolí a jednak k popisu jasových poměrů svítidla, které ovlivňují míru oslnění způsobeného svítidlem.

### **Elektrotechnické vlastnosti**

Z hlediska elektrických vlastností musí svítidla splňovat požadavky na elektrickou bezpečnost a elektromagnetickou kompatibilitu. Za normálních podmínek musí být dosaženo spolehlivého provozu.

### **Provozně technické vlastnosti**

Zde se určuje, k jakému účelu a v jakých provozních podmínkách lze dané svítidlo používat. Patří sem např. ochrana před vniknutím prachu, pevných cizích těles a vody, povrchová teplota, mechanická odolnost nebo odolnost proti výbuchu.

### **Energetická náročnost**

Základními parametry pro hodnocení energetické náročnosti svítidel je jejich příkon, účinnost svítidla a měrný výkon svítidla.

### **Vzhled svítidel**

Celkový vjem svítidla v prostoru ovlivňuje jeho tvar, velikost, použité materiály, povrchová úprava, kvalita provedení. [1]

## 7 Zhodnocení kritérií a ověření parametrů pro obnovu VO

### 7.1 Určení váhových kritérií pro posuzování žádosti o dotaci

Váhová kritéria se skládají ze šesti základních skupin. Pro tyto skupiny byly vybrány okruhy profesí, které jsou kompetentní ke stanovení vah v rámci konkrétních kritérií ve vybrané skupině. Vzhledem ke složitějšímu rozhodovacímu procesu byl zvolen dvouúrovňový systém stanovení kritérií a jejich vah.

Základní skupiny:

- A Energetické hodnocení (míra úspory)
- B Environmentální zhodnocení (aspekty)
- C Ekonomické hodnocení (cena, návratnost)
- D Použité technické prostředky (střední doba života)
- E Míra potřebnosti obnovy VO
- F Respektování koncepce rozvoje

Zodpovědní zástupci za konkrétní dotační program by měli stanovit váhy jednotlivých kritérií. V rámci stanovení vah hlavních kritérií je nutno respektovat cíl a určení dotačního programu. Stanovení vah vychází z Fullerova trojúhelníku.

Hlavní kritéria v tabulce jsou určena skupinou odborníků na veřejné osvětlení. Takto nastavené váhy hlavních kritérií jsou pouze doporučující a orientační. [14]

Tab. 5: Fullerův trojúhelník pro stanovení vah hlavních kritérií [14]

	Energetické hodnocení - míra úspor	Environmentální zhodnocení	Ekonomické hodnocení (cena, návratnost)	Použité technické prostředky (střední doba života)	Míra potřebnosti obnovy VO	Respektování koncepce rozvoje	počet boů	váha kritéria (%)
Energetické hodnocení - míra úspor		1	1	0	1	1	4	27
Environmentální zhodnocení (aspekty)	0		0	1	0	0	1	7
Ekonomické hodnocení (cena, návratnost)	0	1		1	0	1	3	20
Použité technické prostředky (střední doba života)	1	0	0		0	1	2	13
Míra potřebnosti obnovy VO	0	1	1	1		1	4	27
Respektování koncepce rozvoje	0	1	0	0	0		1	7

Protože hlavní kritéria lze velmi těžko hodnotit, byl nastaven systém vedlejších kritérií, která popisují, zpřesňují a kvantifikují hodnocení nastavené v rámci hlavních kritérií.

Váha vedlejších kritérií se určuje jako součin váhy hlavního kritéria a váhy k němu příslušného vedlejšího kritéria. Tím se dosáhne, že celkový součet všech vah dává 100 %.

Tab. 6: Přehled všech hlavních a vedlejších kritérií [14]

Hlavní kritérium	Kritérium		
Energetické hodnocení - míra úspor	A	1	vypočtená průměrná spotřeba elektrické energie nově navržené OS (kWh/rok.svítilidlo)
	A	2	průměrná úspora elektrické energie nové OS vůči stávající OS (kWh/rok.svítilidlo)
	A	3	vypočtená průměrná úspora elektrické energie fiktivní OS (kWh/rok.svítilidlo) s původními svítidly a splňující normativní požadavky
	A	4	snížení ztrát v přívodním vedení vlivem symetrizace a vlivem účinníku (%)
Environmentální zhodnocení (aspekty)	B	1	recyklovatelnost použitých komponentů nové OS (1 - 10 b)
	B	2	snížení vyzařování přímého světelného toku nové OS do horního poloprostoru (%)
	B	3	snížení emisí CO <sub>2</sub> přepočtený na jedno svítidlo (kg/rok .svítidlo)
	B	4	absolutní snížení emisí CO <sub>2</sub> (kg/rok)
Ekonomické hodnocení (cena, návratnost)	C	1	průměrná cena obnovy na 1 světelné místo (Kč/světelné místo)
	C	2	náklady na provoz a údržbu za rok (4100 h provozu/rok) nové OS vztažené na 1 km délky silových rozvodů
	C	3	návratnost úsporných opatření z uspořené el.energie (rok)
	C	4	cena obnovy vztažená na jednoho obyvatele (Kč/obytel)
	C	5	cena obnovy ve vztahu k velikosti rozpočtu obce (%)
	C	6	absolutní úspora nákladů za energii u nové OS vůči OS původní (Kč/kWh*rok)
Použité technické prostředky (střední doba života)	D	1	kvalita a účinnost světelných zdrojů (1 - 10 bodů)
	D	2	kvalita a účinnost svítidel (1 - 10 bodů)
	D	3	kvalita a účinnost předřadných a regulačních zařízení (1 - 10 b)
	D	4	kvalita stožárů, výložníků a způsob uchycení (1 - 10 b)
	D	5	kvalita elektrických rozvodů a rozvaděčů (1 - 10 b)
	D	6	garanční podmínky (1 - 10 b)
Míra potřeby obnovy VO	E	1	průměrné stáří svítidel původní OS (rok)
	E	2	průměrné stáří stožárů původní OS (rok)
	E	3	průměrné stáří elektroinstalace původní OS (rok)
	E	4	prodloužení střední doby života svítidel (rok)
	E	5	prodloužení střední doby života stožárů (rok)
	E	6	prodloužení střední doby života elektroinstalace (rok)
Respektování koncepce rozvoje	F	1	odhad potenciálního vlivu nové OS na zvýšení bezpečnosti provozu na komunikacích (1 - 10 b)
	F	2	odhad potenciálního vlivu nové OS na omezení kriminality (1 - 10 b)
	F	3	zhodnocení vlivu nové OS na vzhled obce v noci (1 - 10 b)
	F	4	zhodnocení vlivu nové OS na vzhled obce ve dne (1 - 10 b)
	F	5	zhodnocení splnění účelu pro osvětlování veřejných prostorů (1 - 10 b)

## 7.2 Řešení v programu MCA8

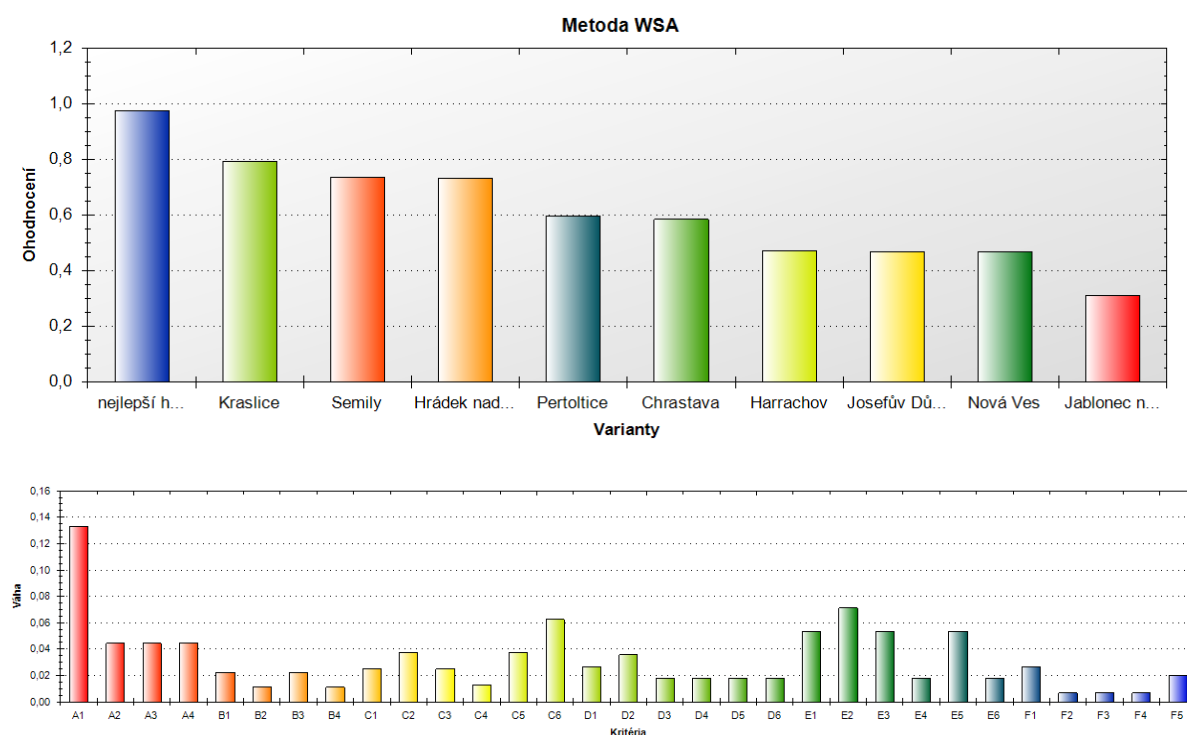
Program řeší vícekritériální rozhodování. Jeho použití je výhodné zejména u rozsáhlejších úloh, kde vstupuje velký počet variant společně s velkým počtem hodnotících kritérií. Výstupem je pak řešení podle celkem šesti různých matematických metod.

První vstupní hodnoty jsou jednotlivé varianty. U nichž se rozhoduje o jejich pořadí. Názvy varianty je vhodné pojmenovat výstižným názvem. Každá varianta se hodnotí na základě zvolených kritérií.

Kritéria a jejich váhy tvoří další vstupní data, která jsou určena na základě odborných znalostí v oblasti VO.

Program obsahuje také grafickou nadstavbu. Grafickým výstupem tohoto programu jsou přehledné sloupcové grafy. Na následujícím grafu můžeme sledovat výsledky multikritériální analýzy, kde jednotlivé váhy všech kritérií jsou nastaveny skupinou odborníků na doporučující hodnoty.

Druhý graf pak zobrazuje přímo jednotlivé váhy všech kritérií. Je zde na první pohled patrné, která kritéria jsou z hlediska priority důležitější a naopak, která jsou méně důležitá. [15]



Graf 1: Přednastavené výsledky a váhy

### 7.3 Citlivostní analýza

V grafickém rozhraní programu lze měnit váhy jednotlivých kritérií libovolně. Program pak provede automatický přepočítání všech kritérií tak, aby jejich součet byl vždy 100%. Tímto lze provádět tzv. citlivostní analýzu. To je nástroj, kterým lze zjišťovat, jaký dopad bude mít změna vstupních parametrů na její výsledky. Tím je možné si vytvořit dostatečnou představu o možném chování řešení úlohy v důsledku změn vstupů. Zpracované výsledky prezentují v grafech a tabulkách a jsou vypočteny pomocí metody váženého součtu – WSA.

Změny jednotlivých vah kritérií jsem prováděl v určitých hladinách. Čím vyšší byla procentuální změna váhy kritéria, tím více se měnily konečné výsledky, respektive celkové pořadí. Tímto postupem jsem zjistil, která kritéria způsobovala radikální změnu v konečném pořadí.

Následující tabulka slouží jako příklad při hodnocení jednotlivých měst. Výchozí hodnota pro srovnání je uvedena ve druhém sloupci. Jedná se o celkové ohodnocení, které udává konečné pořadí. Toto pořadí bylo určeno skupinou odborníků na veřejné osvětlení. Ve sloupci A1 jsou uvedeny výsledky, které v tomto případě odpovídají změně váhy kritéria A1 na 10 %. Tím došlo k určitým odchylkám od přednastavených hodnot. Tyto změny jsou zaznamenány ve sloupci rozdíl. Ovšem velikost této odchylky není přímo úměrná celkovému pořadí. To je možné pozorovat ve vedlejším sloupci s názvem umístění, která se skládá ze dvou hodnot. Jedná se o relativní pozici a konečné umístění. Např. u města Chrastava je rozdíl od optimální hodnoty největší, nicméně tento fakt na pořadí nemá vliv. Naopak u obce Nová Ves je mírný pokles od optimálního ohodnocení a důsledkem je posun o dvě pozice směrem nahoru na konečné 6. místo.

Tab. 7: Změna váhy kritéria A1 na 10 %

Váha kritéria 10%	přednastaveno		A1		
	ohodnocení	umístění	rozdíl	umístění	
Kraslice	79,3%	1	↑ 0,7%	0	1
Semily	73,5%	2	→ -0,1%	0	2
Hrádek nad Nisou	73,3%	3	→ -0,4%	0	3
Pertoltice	59,9%	4	→ 0,3%	0	4
Chrastava	58,5%	5	↓ -1,5%	0	5
Harrachov	47,3%	6	↓ -0,8%	-1	7
Josefův Důl	47,0%	7	↓ -0,8%	-1	8
Nová Ves	46,9%	8	→ -0,2%	2	6
Jablonec nad Nisou	31,2%	9	↑ 1,2%	0	9

Pro srovnání je v tab. 8 nastavena vyšší váha na kritérium A1. Je patrné, že dochází k větším rozdílům než v předchozím případě.

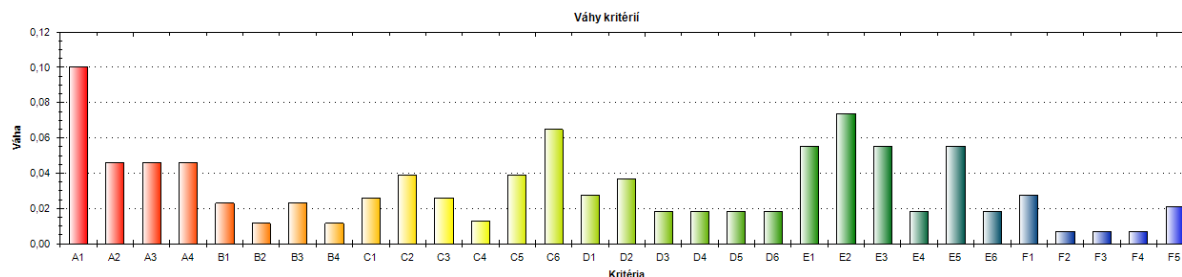
Tab. 8: Změna váhy kritéria A1 na 40 %

Váha kritéria 40%	přednastaveno		A1		
	ohodnocení	umístění	rozdíl	umístění	
Kraslice	79,3%	1	↓ -5,7%	-2	3
Semily	73,5%	2	→ 1,1%	0	2
Hrádek nad Nisou	73,3%	3	→ 2,6%	2	1
Pertoltice	59,9%	4	↓ -2,3%	-1	5
Chrastava	58,5%	5	↑ 12,8%	1	4
Harrachov	47,3%	6	↑ 6,3%	0	6
Josefův Důl	47,0%	7	↑ 6,4%	0	7
Nová Ves	46,9%	8	→ 2,1%	0	8
Jablonec nad Nisou	31,2%	9	↓ -9,6%	0	9

## 7.4 Změna nastavení vah vedlejších kritérií

### Změna váhy kritéria na 10 %

V tomto případě jsem všem kritériím postupně přidával váhu na 10 %. Výjimkou bylo pouze kritérium A1, tedy vypočtená průměrná spotřeba elektrické energie nově navržené OS. Zde podle přednastavených hodnot byla váha nastavena na 13,3 %. Důsledkem bylo snížení o 3,3 %.

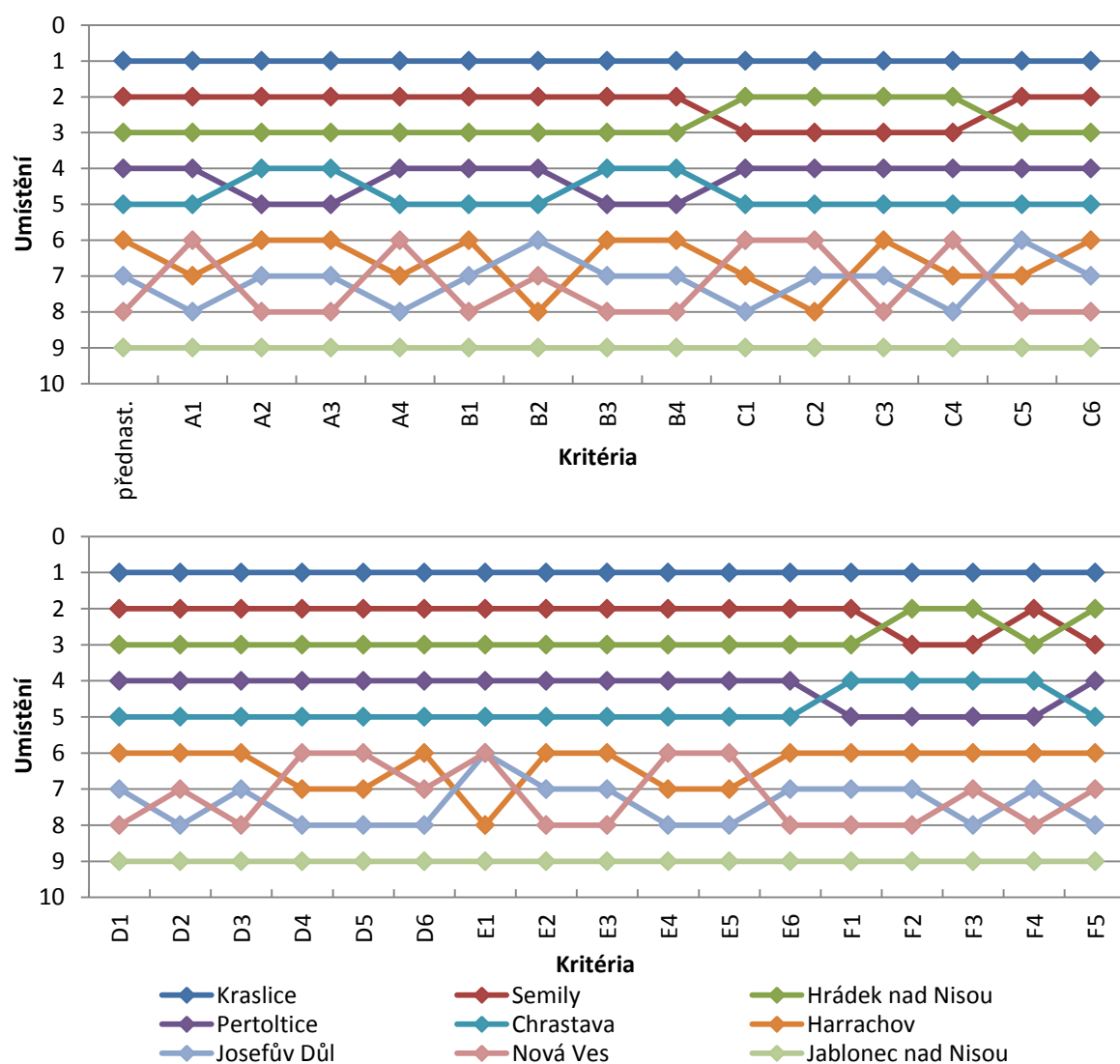


Graf 2: Váha kritéria A1 nastavena na 10 %

Následující tabulka obsahuje kritéria, u kterých byl zjištěn velký význam na pořadí jednotlivých variant. Nejvyšší rozdíl ve srovnání s přednastavenými hodnotami byl zaznamenán u města Jablonec nad Nisou u kritéria F2, nicméně i přes tuto skutečnost se toto město neposunulo o žádnou pozici. Naopak nejvyšší záporná hodnota je 5,7 % u kritéria C1 a města Semily.

Tab. 9: Významná kritéria pro váhu 10 %

Váha kritéria 10%	C1		C2		C4		D5		E1		F2	
	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění
Kraslice	↓ -3,6%	0 1	↓ -5,2%	0 1	↓ -4,9%	0 1	↓ -1,6%	0 1	↑ 1,0%	0 1	↓ -0,4%	0 1
Semily	↓ -5,7%	↓ -1 3	↓ -3,9%	↓ -1 3	↓ -4,8%	↓ -1 3	↓ -1,1%	0 2	↓ -0,3%	0 2	↓ -2,2%	↓ -1 3
Hrádek nad Nisou	↓ -2,3%	↑ 1 2	↓ -1,7%	↑ 1 2	↓ -3,8%	↑ 1 2	↓ -1,2%	0 3	↓ -0,4%	0 3	↑ 2,5%	↑ 1 2
Pertoltice	↑ 3,1%	0 4	↑ 2,6%	0 4	↑ 1,2%	0 4	↑ 3,4%	0 4	↑ 2,0%	0 4	↓ -5,6%	↓ -1 5
Chrastava	↓ -0,2%	0 5	↓ -2,7%	0 5	↑ 1,8%	0 5	↓ -3,2%	0 5	↑ 0,4%	0 5	↓ -0,8%	↑ 1 4
Harrachov	↑ 3,2%	↓ -1 7	↓ -1,9%	↓ -2 8	↑ 0,6%	↓ -1 7	↓ -4,0%	↓ -1 7	↓ -2,4%	↓ -2 8	↑ 2,6%	0 6
Josefův Důl	↑ 2,4%	↓ -1 8	↑ 0,1%	0 7	↓ -4,2%	↓ -1 8	↓ -4,0%	↓ -1 8	↓ -0,7%	↑ 1 6	↑ 0,3%	0 7
Nová Ves	↑ 4,1%	↑ 2 6	↑ 2,2%	↑ 2 6	↑ 4,7%	↑ 2 6	↑ 4,5%	↑ 2 6	↓ -0,6%	↑ 2 6	↓ -2,0%	0 8
Jablonec nad Nisou	↓ -0,7%	0 9	↓ -1,6%	0 9	↓ -0,3%	0 9	↓ -0,9%	0 9	↓ -1,5%	0 9	↑ 6,5%	0 9



Z grafu je zřejmé, že při nastavení váhy na 10 % nedošlo k žádným změnám v umístění u dvou měst. Jedná se o město Kraslice, které bez problému zaujímá první příčku a město Jablonec nad Nisou, které je naopak na posledním místě. Velké změny nastaly v rozmezí 6. až 8. místa.

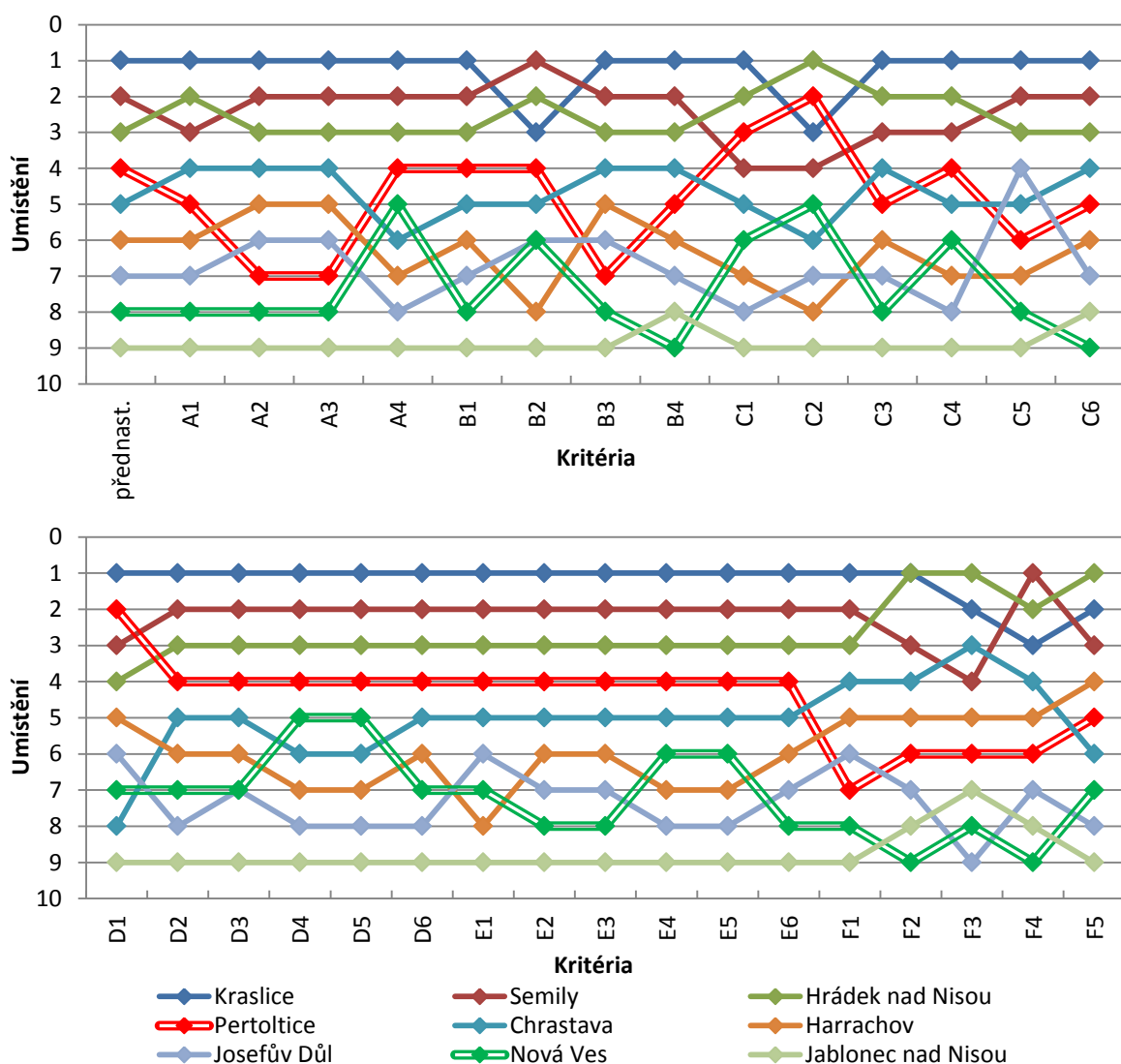


## Změna váhy kritéria na 20 %

Nejvyšší, respektive nejnižší procentuální hodnota byla v tomto případě stejná a to 13,4 %. Maximum bylo dosaženo u kritéria F2 a F3, minimum u kritéria C2.

Tab. 10: Významná kritéria pro váhu 20 %

Váha kritéria 20%	C1			C2			D1			F1			F2			F3		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	-8,5%	0	1	-13,4%	-2	3	3,7%	0	1	3,7%	0	1	-0,8%	0	1	-2,5%	-1	2
Semily	-13,2%	-2	4	-9,9%	-2	4	-13,1%	-1	3	4,7%	0	2	-4,6%	-1	3	-7,8%	-2	4
Hrádek nad Nisou	-5,4%	1	2	-4,3%	2	1	-13,1%	-1	4	4,7%	0	3	5,2%	2	1	5,2%	2	1
Pertoltice	7,2%	1	3	6,8%	2	2	7,2%	2	2	-10,7%	-3	7	-11,7%	-2	6	-5,2%	-2	6
Chrastava	-0,6%	0	5	-6,9%	-1	6	-10,4%	-3	8	7,5%	1	4	-1,6%	1	4	8,1%	2	3
Harrachov	7,5%	-1	7	-5,0%	-2	8	9,4%	1	5	9,4%	1	5	5,4%	1	5	10,3%	1	5
Josefův Důl	5,5%	-1	8	0,2%	0	7	9,5%	1	6	9,5%	1	6	0,6%	0	7	-9,2%	-2	9
Nová Ves	9,6%	2	6	5,6%	3	5	9,5%	1	7	0,6%	0	8	-4,2%	-1	9	-2,6%	0	8
Jablonec nad Nisou	-1,8%	0	9	-4,1%	0	9	-5,5%	0	9	12,3%	0	9	13,4%	1	8	13,4%	2	7



Graf 4: Konečná pořadí

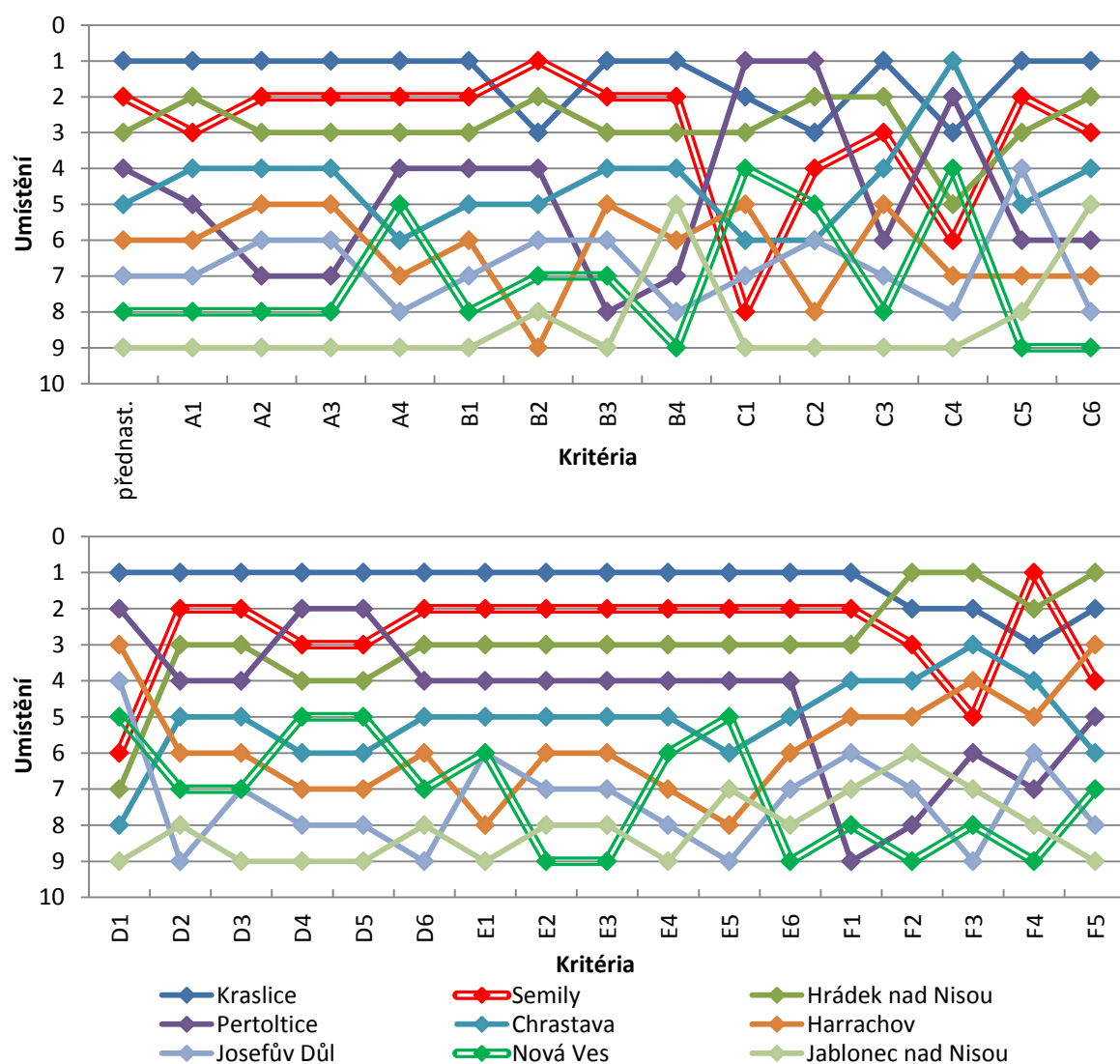
Zvýšení velikosti váhy na 20 % už významně ovlivnilo celkové pořadí jednotlivých měst. Pozici si navzájem vyměnili všechna města a obce. Obec Nová Ves vyšla z tohoto srovnání nejlépe, vzhledem ke své přednastavené pozici. U kritérií A4, C2, D4 a D5 se posunula o 3 místa směrem nahoru. Obec Pertoltice naopak zaznamenala největší pokles. Průběh obcí je vyznačen na grafu 4.

### Změna váhy kritéria na 30 %

U tohoto nastavení se nejvíce projeví kritérium C1, ve kterém se současně dosáhlo nejvyššího rozdílu v umístění. A to konkrétně vzestup o 4 místa u obce Nová Ves a pokles obce Semily o 6 pozic na konečné 8. místo.

Tab. 11: Významná kritéria pro váhu 30 %

Váha kritéria 30%	C1			C2			C4			D1			F1			F2		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↓ -13,3%	↓ -1	2	↓ -21,6%	↓ -2	3	↓ -16,1%	↓ -2	3	↑ 5,8%	→ 0	1	→ 5,8%	→ 0	1	→ -1,3%	↓ -1	2
Semily	↓ -20,8%	↓ -6	8	↓ -16,1%	↓ -2	4	↓ -15,8%	↓ -4	6	↓ -20,6%	↓ -4	6	↑ 7,4%	→ 0	2	↓ -7,0%	↓ -1	3
Hrádek nad Nisou	→ -8,4%	→ 0	3	→ -6,9%	↑ 1	2	↓ -12,4%	↓ -2	5	↓ -20,6%	↓ -4	7	↑ 7,5%	→ 0	3	↑ 7,9%	↑ 2	1
Pertoltice	↑ 11,4%	↑ 3	1	↑ 10,9%	↑ 3	1	→ 3,8%	↑ 2	2	↑ 11,2%	↑ 2	2	↓ -16,8%	↓ -5	9	↓ -17,7%	↓ -4	8
Chrastava	→ -1,0%	↓ -1	6	↓ -11,2%	↓ -1	6	↑ 5,8%	↑ 4	1	↓ -16,4%	↓ -3	8	↑ 11,7%	↑ 1	4	→ -2,5%	↑ 1	4
Harrachov	↑ 11,7%	↑ 1	5	→ -8,0%	↓ -2	8	→ 2,1%	↓ -1	7	↑ 14,8%	↑ 3	3	↑ 14,8%	↑ 1	5	↑ 8,2%	↑ 1	5
Josefův Důl	↑ 8,6%	→ 0	7	↑ 0,3%	↑ 1	6	↓ -13,7%	↓ -1	8	↑ 14,9%	↑ 3	4	↑ 14,9%	↑ 1	6	→ 0,9%	→ 0	7
Nová Ves	↑ 15,1%	↑ 4	4	↑ 9,1%	↑ 3	5	↑ 15,5%	↑ 4	4	↑ 14,9%	↑ 3	5	→ 0,9%	→ 0	8	↓ -6,5%	↓ -1	9
Jablonec nad Nisou	→ -2,9%	→ 0	9	→ -6,6%	→ 0	9	→ -1,1%	→ 0	9	→ -8,7%	→ 0	9	↑ 19,3%	↑ 2	7	↑ 20,4%	↑ 3	6



Graf 5: Konečná pořadí

V důsledku nastavení váhy na 30 % se největší změny odehrály v oblasti ekonomického hodnocení (C1 až C6). V grafu jsem opět vyznačil dvě obce. Zelená barva představuje obec, která dosáhla nejlepších výsledků u jednotlivých kritérií, červená barva označuje nejhůře hodnocenou obec.

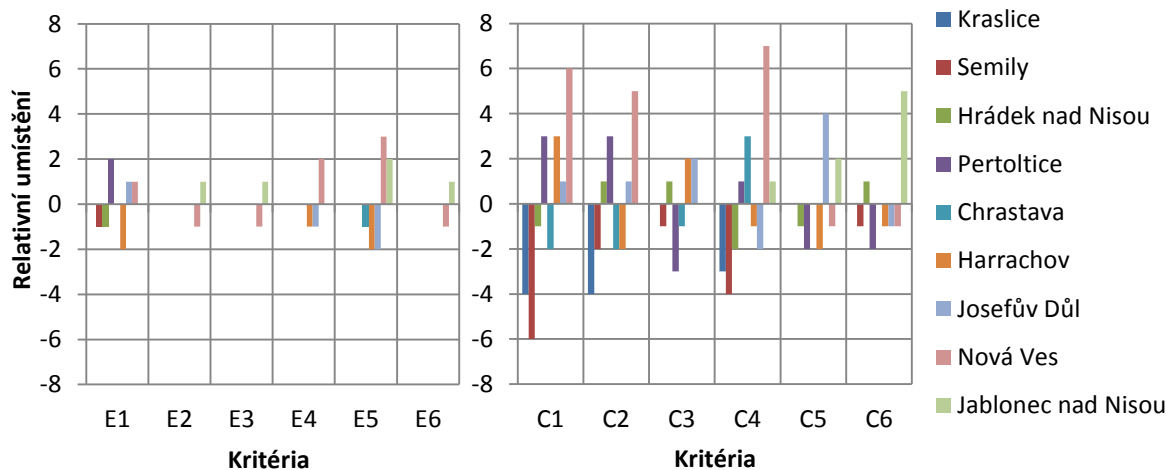
## Změna váhy kritéria na 40 %

V tomto případě vznikaly největší odchylky v umístění jednotlivých měst a obcí. U města Nová Ves vlivem 40 % váhy na kritérium C4 došlo k celkovému posunutí o 7 míst. Největší propad byl zaznamenán, stejně jako v minulém případě, u města Semily o 6 míst, vlivem kritéria C1.

Tab. 12: Významná kritéria pro váhu 40 %

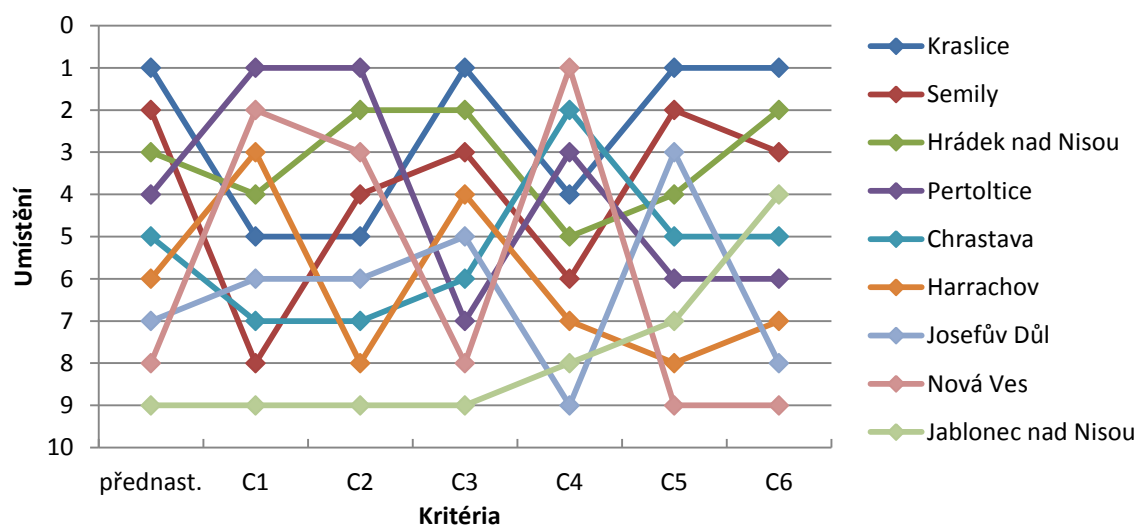
Váha kritéria 40%	C1			C2			C4			F1			F2			F3		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↓ -18,1%	↓ -4	5	↓ -29,8%	↓ -4	5	↓ -21,6%	↓ -3	4	⇒ 7,9%	⇒ 0	1	↓ -1,7%	↓ -1	2	↓ -5,0%	↓ -2	3
Semily	↓ -28,3%	↓ -6	8	↓ -22,1%	↓ -2	4	↓ -21,2%	↓ -4	6	⇒ 10,2%	⇒ 0	2	↓ -9,3%	↓ -1	3	↓ -15,9%	↓ -4	6
Hrádek nad Nisou	⇒ -11,5%	↓ -1	4	⇒ -9,6%	↑ 1	2	↓ -16,6%	↓ -2	5	⇒ 10,2%	⇒ 0	3	⇒ 10,6%	↑ 2	1	⇒ 10,6%	↑ 2	1
Pertoltice	⇒ 15,5%	↑ 3	1	⇒ 15,1%	↑ 3	1	⇒ 5,1%	↑ 1	3	↓ -23,0%	↓ -5	9	↓ -23,8%	↓ -5	9	⇒ -10,5%	↓ -3	7
Chrastava	⇒ -1,4%	↓ -2	7	↓ -15,5%	↓ -2	7	⇒ 7,7%	↑ 3	2	⇒ 15,9%	↑ 1	4	⇒ -3,3%	↓ -1	6	⇒ 16,5%	↑ 3	2
Harrachov	⇒ 16,0%	↑ 3	3	⇒ -11,0%	↓ -2	8	⇒ 2,8%	↓ -1	7	⇒ 20,2%	↑ 1	5	⇒ 11,0%	↑ 1	5	⇒ 20,9%	↑ 2	4
Josefův Důl	⇒ 11,7%	↑ 1	6	⇒ 0,4%	↑ 1	6	↓ -18,4%	↓ -2	9	⇒ 20,3%	↑ 1	6	⇒ 1,2%	⇒ 0	7	↓ -18,6%	↓ -2	9
Nová Ves	⇒ 20,5%	↑ 6	2	⇒ 12,5%	↑ 5	3	⇒ 20,8%	↑ 7	1	⇒ 1,2%	⇒ 0	8	↓ -8,7%	⇒ 0	8	↓ -5,4%	⇒ 0	8
Jablonec nad Nisou	⇒ -3,9%	⇒ 0	9	⇒ -9,2%	⇒ 0	9	⇒ -1,5%	↑ 1	8	⇒ 26,4%	↑ 2	7	⇒ 27,3%	↑ 5	4	⇒ 27,3%	↑ 4	5

Z výše uvedeného je patrné, že nejvýznamnějším kritériem bylo ekonomické hodnocení a respektování koncepce rozvoje. Hned za touto dvojicí následovalo kritérium použité technické prostředky, které reprezentuje střední dobu života. Naopak kritérium, které nejméně ovlivňuje celkové pořadí je míra potřeby obnovy VO. Graf 6 srovnává relativní pozice obcí u kritérií, které nejvíce a nejméně ovlivňovali celkové výsledky.



Graf 6: Relativní umístění obcí

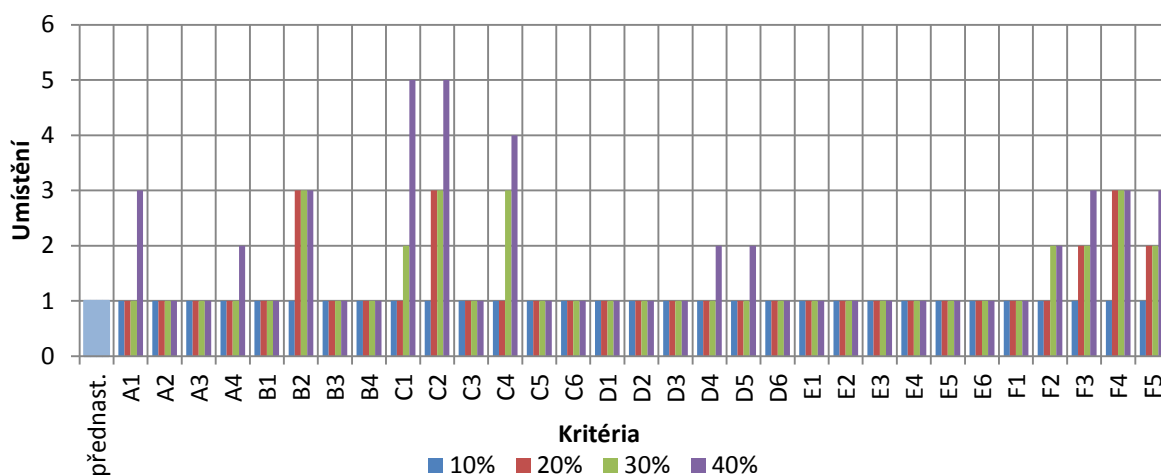
V následujícím grafu uvádím průběhy pořadí obcí v závislosti na 40 % nastavení úrovně jednotlivých kritérií. Z grafu je na první pohled zřejmé, že kritéria jsou nastavena proti sobě. To je způsobeno tím, že zde dochází u některých kritérií k určitým přepočtům, jako např. nákladů na provoz a údržbu na 1 km délky silových rozvodů, cena obnovy na jednoho obyvatele a v neposlední řadě také cena obnovy ve vztahu k velikosti rozpočtu obce. Tím se eliminují rozdíly ve velikosti obce a rozsahu obnovy.



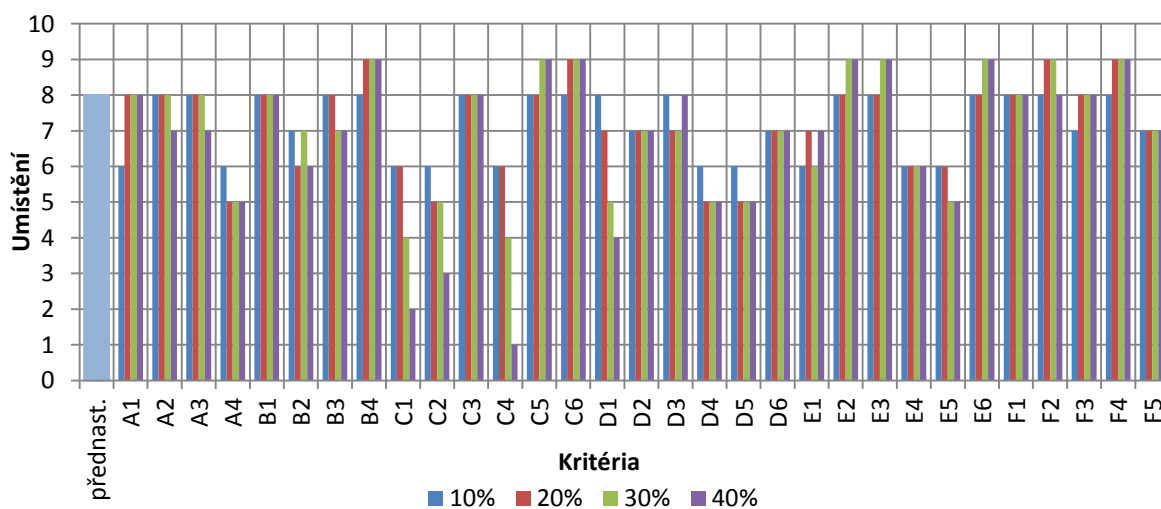
Graf 7: Průběh pořadí u kritéria ekonomické hodnocení

## Váhy kritérií u jednotlivých variant

Dále jsem provedl srovnání jednotlivých úrovní kritérií. Výsledky jednotlivých měst a obcí v předchozím hodnocení jsem nyní vynesl do sloupcového grafu. Čím více se velikost vah kritérií zvyšovala, tím se výsledky výrazněji odlišovaly od přednastavené hodnoty. Města, která se umístila na předních příčkách, postupně s rostoucí váhou klesala. Právý opak byl zaznamenán u nejhůře hodnocených měst a obcí. Tomu napovídá i fakt, že obec Nová Ves hodnocena na předposledním místě, se v každé změně váhy kritérií vždy nejvíce posunula směrem nahoru. Výsledky jsou uvedeny v grafu č. 8 a 9.



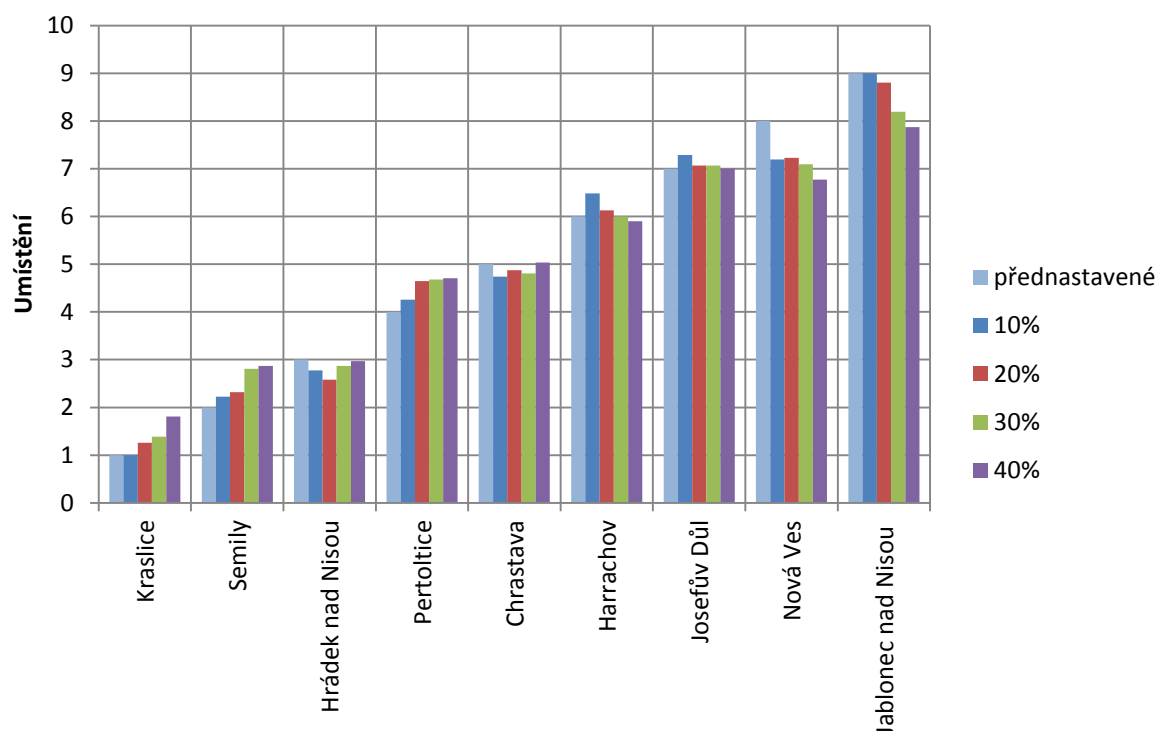
Graf 8: Srovnání velikostí vah kritérií u města Kraslice



Graf 9: Srovnání velikostí vah kritérií u města Nová Ves

V následujícím grafu pak uvádím průměrnou pozici u jednotlivých vedlejších kritérií. Nejlepších výsledků, jak už bylo zmíněno, dosahovala obec Nová Ves. Největší posun byl zaznamenán u 40 % procentní váhy kritérií. Průměrné umístění v tomto případě bylo 6,77, z původního 8. místa.

Poměrně jednoznačně lze určit město, které nejvíce potřebuje dle zadaných parametrů obnovu veřejného osvětlení. Jedná se o město Kraslice, které ve všech provedených případech vykazuje nejpříznivější hodnoty.



Graf 10: Průměrná hodnota umístění dosažená u jednotlivých měst a obcí

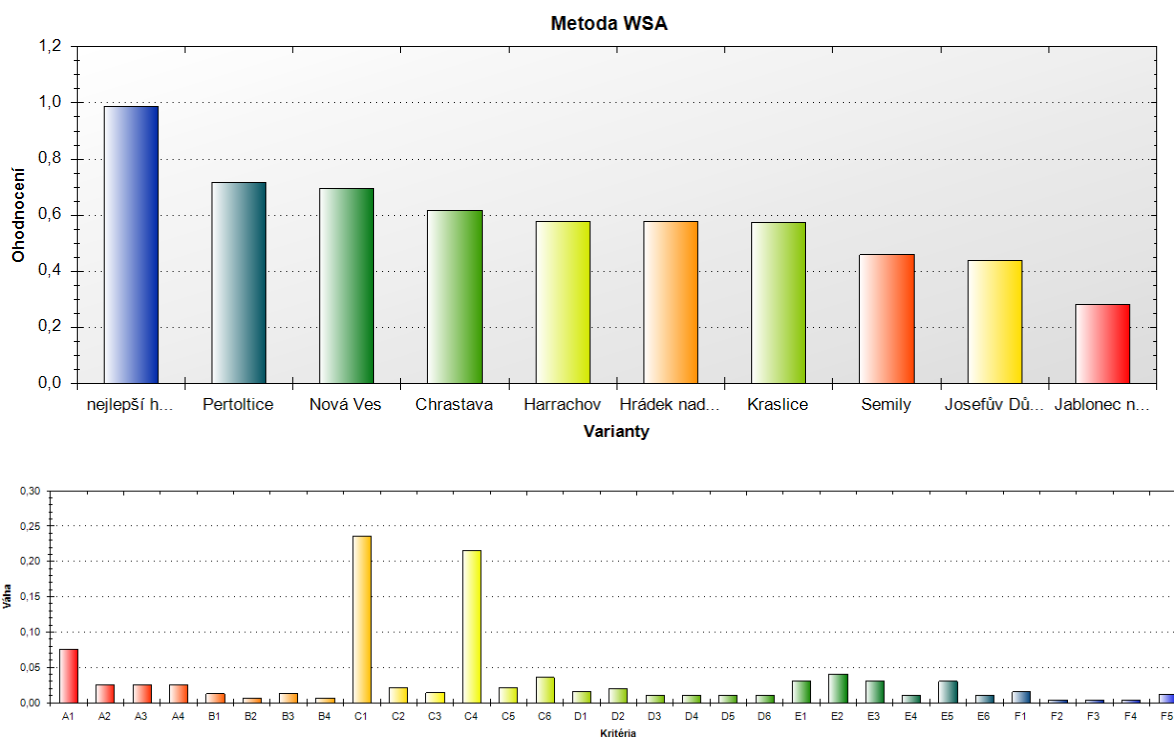
## 7.5 Využití citlivostní analýzy v praktických situacích

V některých případech můžeme zvýhodnit více vybraných kritérií, tím se docílí konkrétního hodnocení z určitého pohledu. V následujících případech jsem změnil dvě až tři váhy současně a hodnotil jsem tak konečná pořadí v závislosti na určitých podmínkách. V grafu celkového umístění jsem uvedl i nejlepší variantu, která je určena podle nejlepších hodnot z posuzovaných variant. Dosažení tak vysokého ohodnocení je v reálném případě nemožné.

Provedu-li změnu vah tak, aby se výrazným způsobem zvýšil význam investičních nákladů, je nutné změnit váhy u kritéria:

- C1- průměrná cena obnovy na 1 světelné místo
- C4- cena obnovy vztahovaná na jednoho obyvatele

Tato kritéria jsou definována v Kč, to znamená, že z hlediska posouzení je nejlepší dosažení minimální hodnoty. Jedná se tedy o minimalizační kritérium.



*Graf 11: Celkové umístění v závislosti na změnách váhy kritérií*

Tato změna měla za následek významný posun obce Nová Ves z 8. místa na 2. místo, dále se tato změna týkala obce Pertoltice, které se posunulo ze 4. místa na 1. místo. Naopak můžeme sledovat propad města Kraslice z první pozice až na 6. místo.

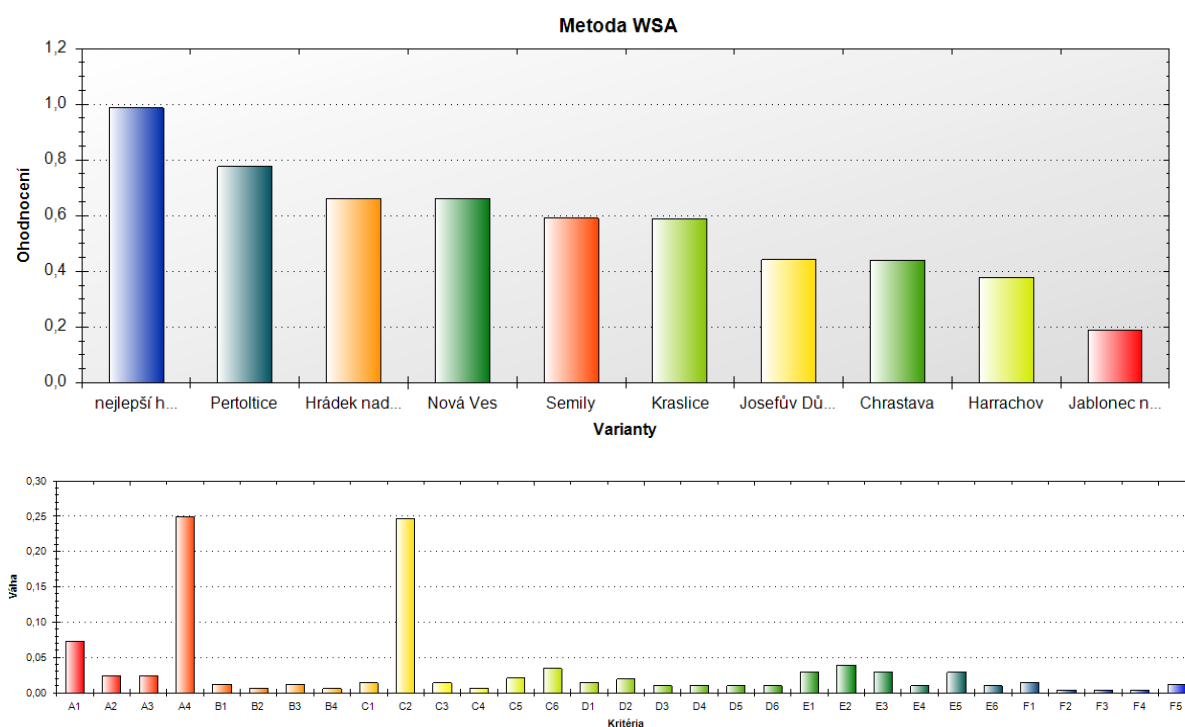


Další změna vah jednotlivých kritérií má za následek důraz na nízké provozní náklady. Čím nižší jsou provozní náklady, tím se zkracuje doba návratnosti celé investice. Proto je toto kritérium jedním z nejdůležitějších.

Váhy jsou změněny u kritérií:

- A4 - snížení ztrát v přívodním vedení vlivem symetrizace a vlivem účinníku %  
Čím je procentuální hodnota vyšší, tím lépe proběhla obnova OS.
- C2 - náklady na provoz a údržbu za rok (4100 h) nové OS vztažené na 1 km délky silových vodičů

Přepočet nákladů za provoz a údržbu na 1 km délky je zde z důvodu eliminace velikosti obcí. Jedná se o minimalizační kritérium.

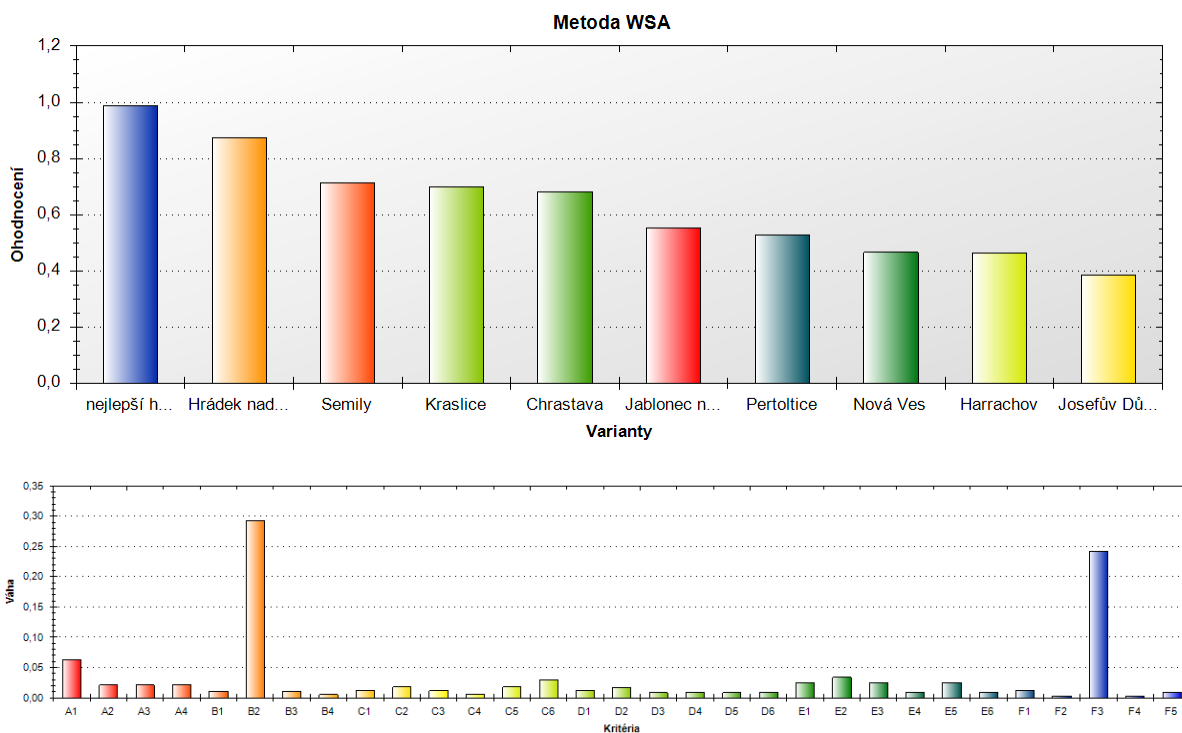


*Graf 12: Celkové umístění v závislosti na změnách váhy kritérií*

V rámci takto nastavených vah se na první příčku dostala obec Pertoltice, která se ještě více přiblížila ideální variantě než v předchozím případě, kde se kladl důraz na investiční náklady. Výrazný vzestup je také u obce Nová Ves z 8. pozice na 3. místo.

Zajímavé výsledky nastávají také v případě, kdy vyšší prioritu přiřadím vyzařovanému světelnému toku do horního poloprostoru, protože v současné době je kladen čím dál větší důraz na omezení rušivého světla. Váhy jsou změněny u kritérií:

- B2 - snížení vyzařování přímého světelného toku OS do horního poloprostoru (%)  
Tento parametr stanovuje míru snížení vyzařovaného světelného toku nové OS do horního poloprostoru vůči světelnému toku původní OS. Kritérium je definováno v procentech.
- F3 - zhodnocení vlivu nové OS na vzhled obce v noci  
Kritérium bere v potaz aspekty vizuálního vzhledu obce v nočních hodinách.



*Graf 13: Celkové umístění v závislosti na změnách váhy kritérií*

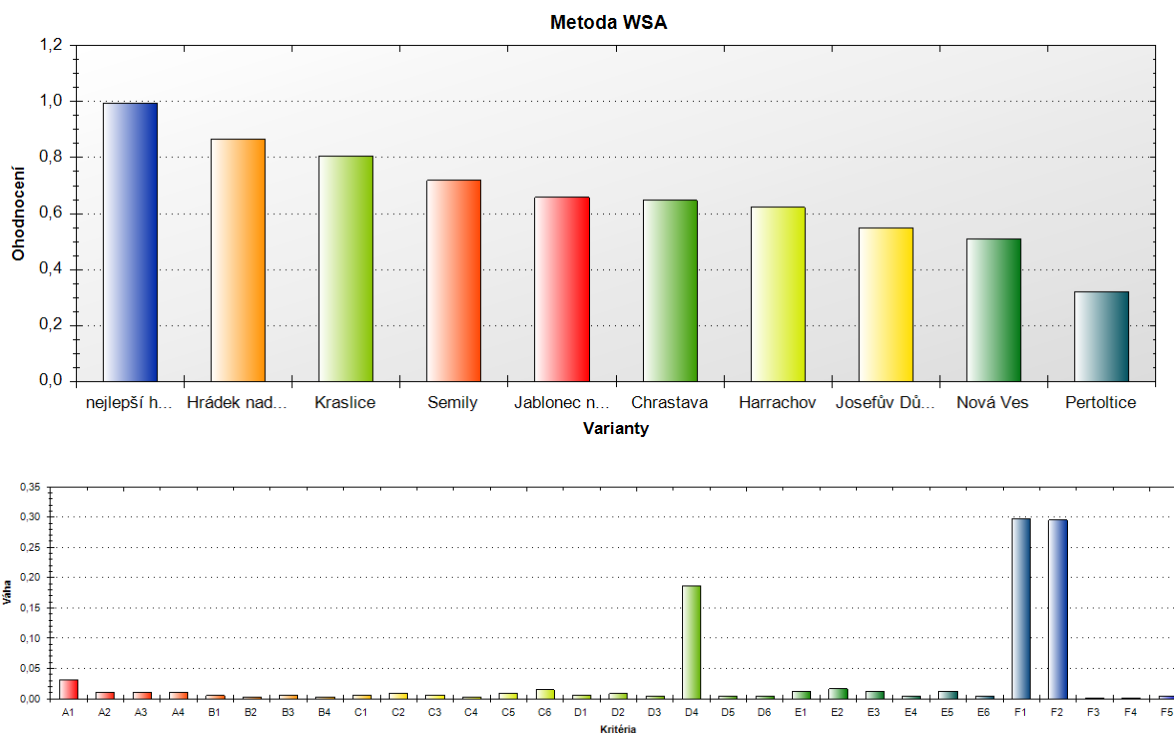
Zvýšením důrazu na tato kritéria se do čela pořadí dostalo město Hrádek nad Nisou, velký posun je také u města Jablonec nad Nisou a to konkrétně o 4. místa směrem vzhůru.

Velmi důležité je také hledisko bezpečnosti. Je dokázáno, že v temných a nedostatečně osvětlených ulicích se lidé necítí dobře. Naopak, pokud je v ulicích dostatečné a rovnoměrné osvětlení, lidé bez námahy rozpoznávají obličeje ostatních chodců a cítí se příjemněji a především bezpečněji.

Bezpečnost je také závislá na stavu nosných prvků a stožárů. Vlivem povrchové a následně i hloubkové koroze dochází k trvalým skrytým vadám stožáru, zejména pak v místě vetknutí do země, což může mít za následek při souhře negativních vnějších vlivů nepředvídatelný pád. Samovolný pád je nebezpečným jevem ohrožující životy, zdravý a v neposlední řadě také majetek. Z hlediska popsání problému jsou změněny následující parametry:

- D4 – kvalita stožárů, výložníků a způsob uchycení.
- F1 – odhad potenciálního vlivu nové OS na zvýšení bezpečnosti provozu na komunikacích.
- F2 - odhad potenciálního vlivu nové OS na omezení kriminality.

Uvedená kritéria podléhají subjektivnímu hodnocení podle zvolené stupnice.

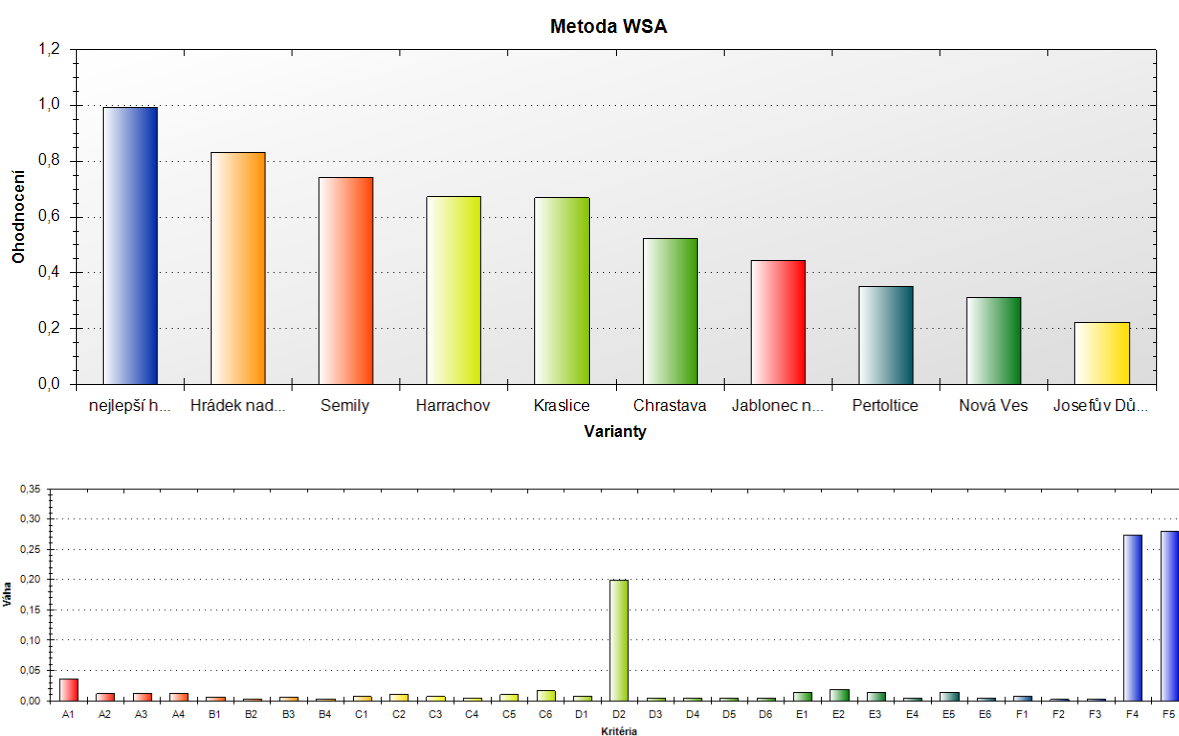


*Graf 14: Celkové umístění v závislosti na změnách váhy kritérií*

Nejvýraznější posun zde nastal u města Jablonec nad Nisou. Tento posun byl na úkor obce Pertoltice, která je poměrně jednoznačně na posledním místě. Nejvýhodněji z tohoto srovnání se umístilo město Hrádek nad Nisou.

V městských centrech mohou být priority zvoleny zcela jiným způsobem. Zde jsou kladeny větší přednosti na design svítidla a na zrakovou pohodu. Pro tento příklad jsem zvýšil následující kritéria:

- D2 – kvalita a účinnost svítidel.  
Tento parametr zvýhodňuje svítidla s optimální distribucí světelného toku a vysokým důrazem na omezení oslnění.
- F4 – zhodnocení vlivu nové OS na vzhled obce ve dne.  
Kritérium bere v potaz aspekty celkového vzhledu obce v denních hodinách.
- F5 – zhodnocení splnění účelu pro osvětlování veřejných prostorů.  
V rámci tohoto parametru jsou hodnoceny aspekty z pohledu infrastruktury obce. Především pak vhodnost volby nově zvolených OS pro aplikaci v daných lokalitách.



*Graf 15: Celkové umístění v závislosti na změnách váhy kritérií*

V tomto případě se nejvíce posunulo směrem vpřed město Harrachov. První příčky pak okupují města s vyšším počtem obyvatel, výjimkou je pouze město Jablonec nad Nisou, ovšem zde je také významný posun do horních příček.

## 8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zpracování citlivostní analýzy a posouzení kritérií pro vyhodnocování žádosti o dotace na obnovu veřejného osvětlení. Zpracované výsledky vycházejí z teorie vícekritériálního rozhodování. Tato teorie je založena na matematickém modelování. Tím lze považovat zpracované výsledky za objektivní. Hodnotící kritéria jsou zvolena tak, aby respektovala velikost obce, dostupné finanční prostředky a technický stav zařízení. Projekt obsahuje kritéria maximalizačního i minimalizačního typu.

Kvalitní obnovou veřejného osvětlení je možné dosáhnout významných energetických úspor. Velkým význam na úspoře elektrické energie mají nové světelné zdroje, společně se správně tvarovanými a orientovanými svítidly, dále regulace osvětlení a v neposlední řadě také správné rozmístění stožárů.

Zpracování citlivostní analýzy je podrobně popsáno v sedmé části této práce. Uvedená kritéria pochází z reálného projektu a jejich váhy jsou určeny a přednastaveny skupinou odborníků na VO. V rámci citlivostní analýzy jsem nejdříve celkové pořadí jednotlivých variant posuzoval na základě změn vedlejších kritérií. Z tohoto pohledu je patrné, že nejvýznamnější kritéria, která se projevovala ve všech posuzovaných případech, jsou C1, C2, F2 a F3. Kritéria F2 a F3, která reprezentují vliv OS na omezení kriminality a vzhled obce v nočních hodinách vždy dosahovala nejvyšších hodnot vzhledem k přednastavenému ohodnocení. Tyto požadavky nejvíce ovlivňovaly město Jablonec nad Nisou. Toto město se pohybovalo ve většině případů na posledním místě až do doby, kdy se přidělila vyšší priorita na kritérium omezení kriminality, následoval posun o 5 míst. Jablonec nad Nisou má nejvyšší počet obyvatel ze všech hodnocených měst a obcí, tím je možné částečně vysvětlit velký důraz na omezení kriminality. Kritéria C1 a C2 způsobovala největší záporný rozdíl vzhledem k přednastavenému ohodnocení. Velký vliv měla také na změnu v celkovém pořadí. Kritérium C1 stanovuje náklady na obnovu jednoho světelného místa. Druhé kritérium C2 zhodnocuje náklady na provoz a údržbu nové OS za rok. Patří sem např. výměna světelných zdrojů, materiál, práce, revize, kontroly, čištění a nátěry. Obě tato kritéria jsou minimalizačního typu. Jediné vedlejší kritérium, které nezpůsobilo žádné změny v pořadí, je kritérium B1, které zastupuje recyklovatelnost použitých komponentů nové OS. To může být do značné míry způsobeno tím, že toto kritérium je hodnoceno pomocí bodovací stupnice (0 až 10 bodů) a jednotlivé varianty dosahují podobného hodnocení.

Dále jsem měnil váhy u šesti hlavních kritérií, které jsou složeny ze čtyř až šesti vedlejších kritérií. Váhu hlavních kritérií jsem nastavoval na 20 %, 40 % a 60 %. Ostatní kritéria jsem pak v daném poměru dopočítal, aby se součet všech vah rovnal 100 %. V tomto případě největší změny v celkovém pořadí nastaly u kritérií zastupujících environmentální zhodnocení a respektování koncepce rozvoje. Ve srovnání s předchozím případem měl vliv environmentálních aspektů zanedbatelný význam, nyní je situace zcela odlišná. To je způsobeno přednastavenými hodnotami vah. Tomuto kritériu byla určena nejnižší váha právě společně s kritériem respektování koncepce rozvoje. V důsledku jakéhokoli zvýšení váhy je pak rozdíl od původní hodnoty nejvyšší, což má za následek větší míru ovlivnění celkového pořadí. Výsledky jsou uvedeny v příloze na konci této práce.

V poslední části této kapitoly uvádím využití citlivostní analýzy v praxi. Zde jsem měnil váhy více kritérií současně. Tím je možné docílit optimálních podmínek pro konkrétní situaci. Takové nastavení vah je nutné řešit s kvalifikovanou osobou, aby byla zaručena dostatečná objektivita výsledků.

Zpracované výsledky vychází z programu MCA8, který nabízí několik různých matematických metod MCA. Ne vždy vykazují matematické metody stejné výsledky, pouze v jednoznačném a jednoduchém případě může tato situace nastat, zde ovšem není nutno provádět složitou analýzu, protože v tu chvíli můžeme vítěze určit sami ze zvolených preferencí. Je nutno tedy zdůraznit, že jednotlivé metody lze chápat jako podpůrné prostředky, kde na jejich podstatě určujeme celkové pořadí v závislosti na nastavených vahách jednotlivých kritérií.

Multikriteriální analýza se provádí za účelem zjištění míry potřeby obnovy veřejného osvětlení u navržených měst a obcí, kdy na základě více vstupních parametrů lze objektivně vybrat danou obec. Zadavatel si může přesně nadefinovat pomocí hlavních kritérií konkrétní priority, kterých má být dosaženo, přičemž váhy vedlejších kritérií jsou určeny fundovanými osobami v daném oboru. Další přínos citlivostní analýzy spočívá v tom, že lze použít i jako nástroj, kterým je možné určit důležitost jednotlivých kritérií.

## Literatura:

- [1] HABEL, J. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013, 622 s. ISBN 97880-86534-21-3
- [2] SOKANSKÝ, K. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 256 s. ISBN 978-80-01-04941-9
- [3] PLCH, J. *Světelná technika v praxi*. Praha: IN-EL, 1999, 207 s. ISBN 80-82630-09-0
- [4] SOKANSKÝ, K. a kolektiv. *Metodické pokyny pro sjednocení požadavků na obnovu veřejného osvětlení*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013, 85 s. ISBN 978-80-248-3327-9
- [5] SOKANSKÝ, K. a kolektiv. *Snižování energetické náročnosti venkovních osvětlovacích soustav*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2011, 142 s. ISBN 978-80-248-2481-9  
Dostupné z: <[http://www.csorsostrava.cz/index\\_publicace.htm](http://www.csorsostrava.cz/index_publicace.htm)>
- [6] SOKANSKÝ, K. a kolektiv. *Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v ČR*. Ostrava: ČEA, 2007, 243 s.  
Dostupné z: <[http://www.csorsostrava.cz/index\\_publicace.htm](http://www.csorsostrava.cz/index_publicace.htm)>
- [7] SOKANSKÝ, K. a kolektiv. *Racionalizace v osvětlování venkovních prostor*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2005, 197 s.  
Dostupné z: <[http://www.csorsostrava.cz/index\\_publicace.htm](http://www.csorsostrava.cz/index_publicace.htm)>
- [8] HASOŇ, Z. *Úspory el. energie v systémech veřejného osvětlení – úskalí při jejich přípravě a realizaci*. 2011, 70 s.
- [9] FIALA, P. *Vícekriteriální rozhodování*. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1997, 316 s. ISBN 80-707-9748-7.
- [10] HOUŠKA, M. *Vícekriteriální rozhodování* [on-line]. ©2003, [cit. 2013-12-8].  
Dostupné z: <<http://etext.czu.cz/sekce.php?id=publikace>>
- [11] KORVINY, P. *Aplikace multikriteriální analýzy při nasazování dálkově řízených prvků v distribučních sítích vysokého napětí*. Ostrava, 2003. 77 s., 35 s. příloh. Dizertační práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava.
- [12] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2008, 208 s. ISBN 978-80-248-1696-8
- [13] BEBČÁKOVÁ, I. *Pokyny pro zpracování projektu do cvičení z matematických metod rozhodování*. Olomouc: UPOL, 2008

- [14] SOKANSKÝ, K. a kolektiv. *Návrh kritérií pro vyhodnocování žádostí o dotace na obnovu veřejného osvětlení*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013, 70 s. ISBN 978-80-248-3327-9
- [15] *Program pro multikriteriální rozhodovací analýzu*. Ostrava, 2007, 14 s.



## **Seznam obrázků:**

Obr. 1: Zorné pole řidiče

Obr. 2: Vysokotlaká sodíková výbojka a její spektrum

Obr. 3: Halogenidová výbojka a její spektrum

Obr. 4: Lineární zářivka a její spektrum

Obr. 5: Typické spektrum LED

Obr. 6: Instalace a nasměrování svítidel

Obr. 7: Omezení distribuce světelného toku do horního poloprostoru technickými prostředky

Obr. 8: Velikost elevačního úhlu

Obr. 9: Světlomet se speciálním směrovačem světelného toku

## Seznam tabulek:

- Tab. 1: Teplota chromatičnosti různých zdrojů světla
- Tab. 2: Životnosti pro různé typy světelných zdrojů
- Tab. 3: Fáze směrnice 245/2009 a počátek jejich účinností
- Tab. 4: Maximální světelný tok vyzařovaný nad vodorovnou rovinu
- Tab. 5: Fullerův trojúhelník pro stanovení vah hlavních kritérií
- Tab. 6: Přehled všech hlavních a vedlejších kritérií
- Tab. 7: Změna váhy kritéria A1 na 10 %
- Tab. 8: Změna váhy kritéria A1 na 40 %
- Tab. 9: Významná kritéria pro váhu 10 %
- Tab. 10: Významná kritéria pro váhu 20 %
- Tab. 11: Významná kritéria pro váhu 30 %
- Tab. 12: Významná kritéria pro váhu 40 %

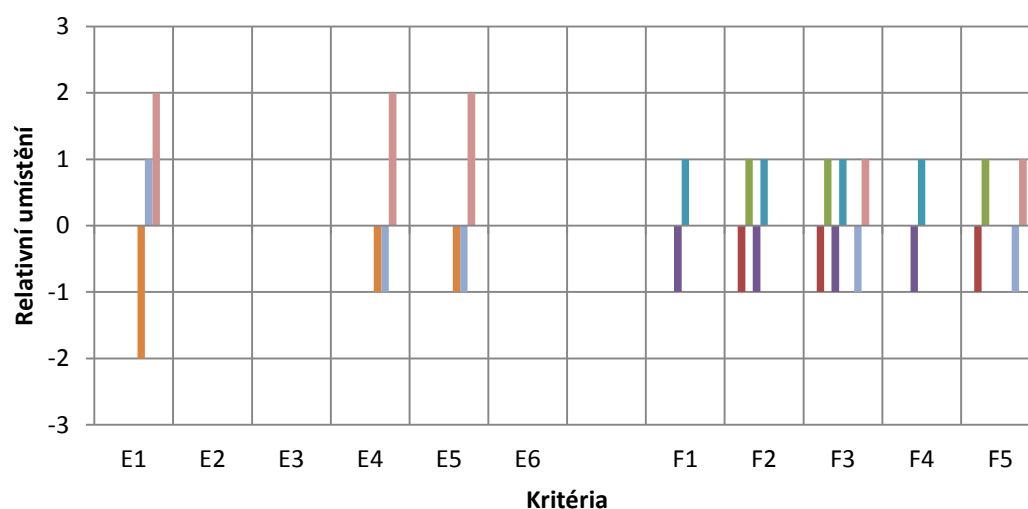
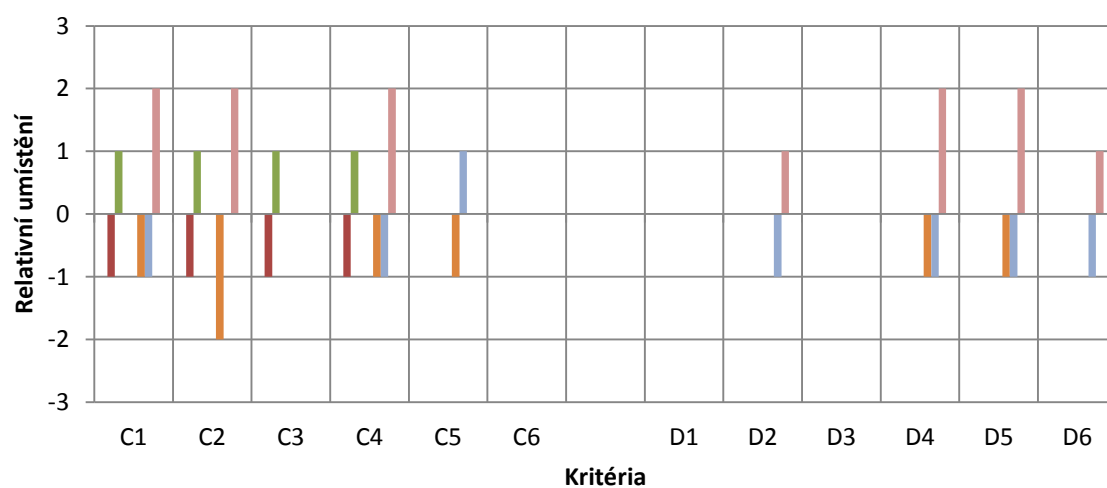
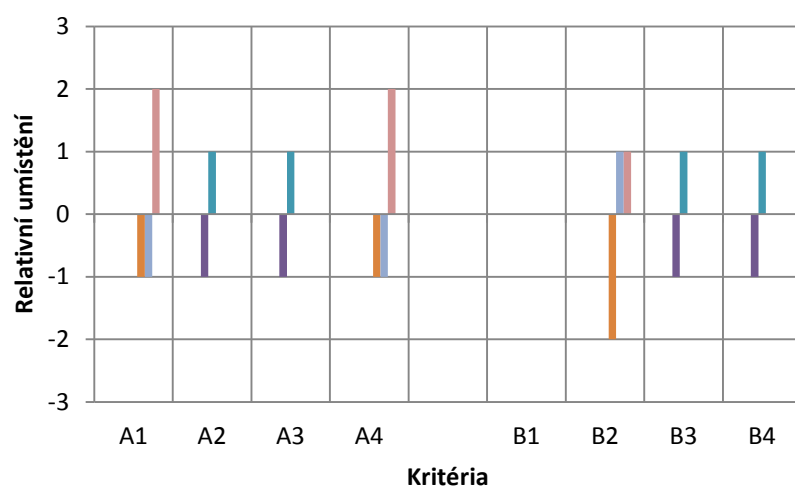
## Seznam příloh:

<b>Příloha I</b>	- Změna váhy vedlejšího kritéria na 10 %.....	60
<b>Příloha II</b>	- Změna váhy vedlejšího kritéria na 20 %.....	63
<b>Příloha III</b>	- Změna váhy vedlejšího kritéria na 30 %.....	66
<b>Příloha IV</b>	- Změna váhy vedlejšího kritéria na 40 %.....	69
<b>Příloha V</b>	- Váhy kritérií u jednotlivých měst a obcí.....	72
<b>Příloha VI</b>	- Změna váhy hlavního kritéria na 20 % .....	75
<b>Příloha VII</b>	- Změna váhy hlavního kritéria na 40 % .....	76
<b>Příloha VIII</b>	- Změna váhy hlavního kritéria na 60 % .....	77

# **Příloha I: Změna váhy vedlejšího kritéria na 10 %**

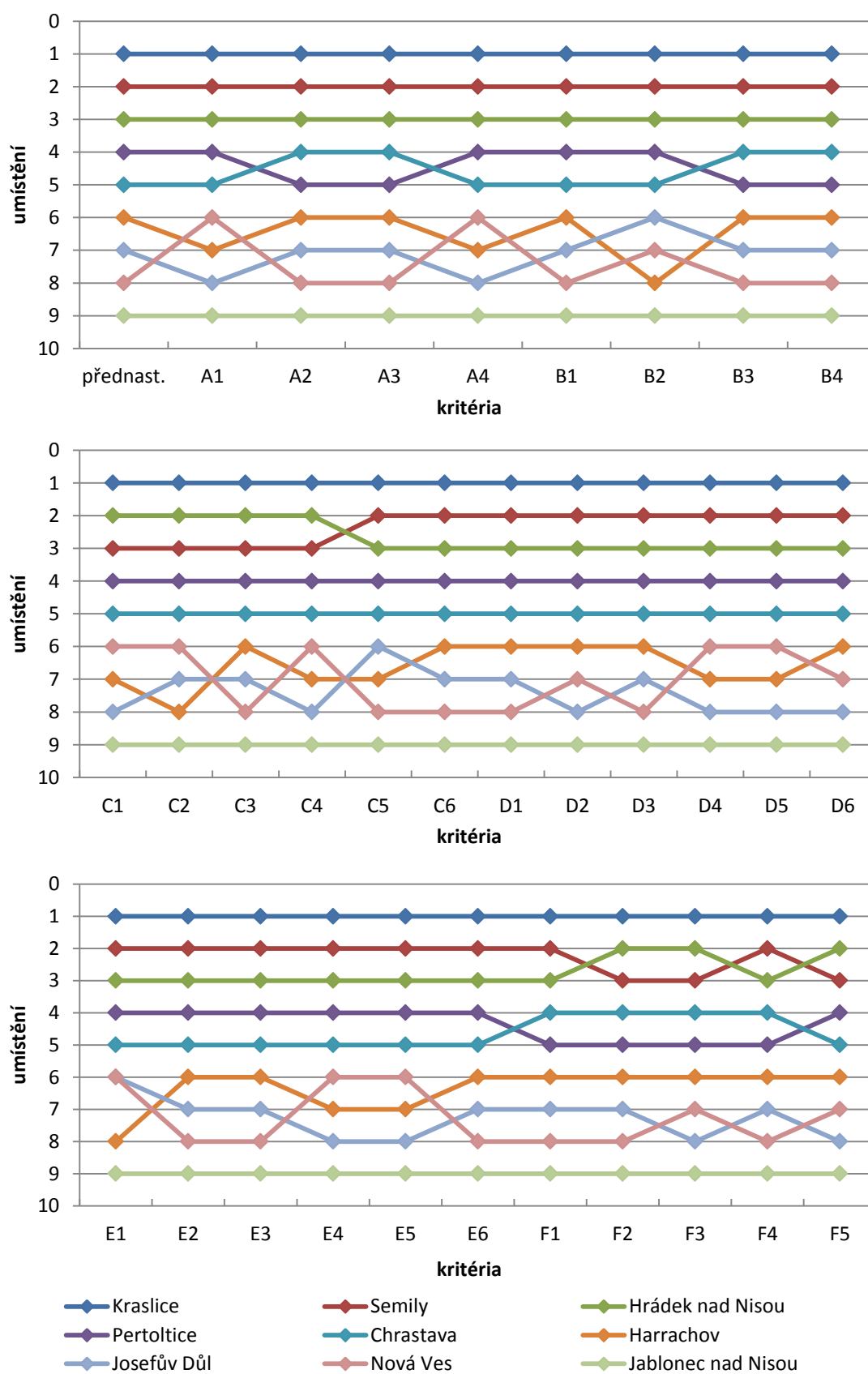
Váha kritéria 10%	A1			A2			A3			A4								
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění							
Kraslice	↑ 0,7%	⇒ 0	1	↑ 1,2%	⇒ 0	1	↑ 1,2%	⇒ 0	1	↓ -0,7%	⇒ 0	1						
Semily	⇒ -0,1%	⇒ 0	2	↑ 0,8%	⇒ 0	2	↑ 0,8%	⇒ 0	2	↓ -0,4%	⇒ 0	2						
Hrádek nad Nisou	⇒ -0,4%	⇒ 0	3	⇒ -1,1%	⇒ 0	3	⇒ -1,1%	⇒ 0	3	↓ -0,4%	⇒ 0	3						
Pertoltice	↑ 0,3%	⇒ 0	4	↓ -3,5%	↓ -1	5	↓ -3,5%	↓ -1	5	↑ 2,3%	⇒ 0	4						
Chrastava	↓ -1,5%	⇒ 0	5	↑ 1,1%	↑ 1	4	↑ 1,1%	↑ 1	4	↓ -1,4%	⇒ 0	5						
Harrachov	↓ -0,8%	↓ -1	7	↑ 1,6%	⇒ 0	6	↑ 1,6%	⇒ 0	6	↓ -0,8%	↓ -1	7						
Josefův Důl	↓ -0,8%	↓ -1	8	↑ 1,6%	⇒ 0	7	↑ 1,6%	⇒ 0	7	↓ -0,8%	↓ -1	8						
Nová Ves	⇒ -0,2%	↑ 2	6	⇒ -0,7%	⇒ 0	8	⇒ -0,7%	⇒ 0	8	↑ 3,1%	↑ 2	6						
Jablonec nad Nisou	↑ 1,2%	⇒ 0	9	⇒ -0,9%	⇒ 0	9	⇒ -0,9%	⇒ 0	9	↓ -1,8%	⇒ 0	9						
	B1			B2			B3			B4								
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění							
Kraslice	↑ 1,7%	⇒ 0	1	⇒ -2,0%	⇒ 0	1	↑ 1,7%	⇒ 0	1	↑ 1,9%	⇒ 0	1						
Semily	↑ 2,1%	⇒ 0	2	↑ 2,4%	⇒ 0	2	↑ 1,1%	⇒ 0	2	↑ 1,6%	⇒ 0	2						
Hrádek nad Nisou	↑ 2,1%	⇒ 0	3	↑ 2,4%	⇒ 0	3	↓ -1,6%	⇒ 0	3	↓ -0,8%	⇒ 0	3						
Pertoltice	↓ -4,8%	⇒ 0	4	⇒ -0,2%	⇒ 0	4	↓ -4,8%	↓ -1	5	↓ -5,4%	↓ -1	5						
Chrastava	↓ -4,6%	⇒ 0	5	⇒ -0,1%	⇒ 0	5	↑ 1,5%	↑ 1	4	⇒ 0,1%	↑ 1	4						
Harrachov	↓ -3,8%	⇒ 0	6	↓ -4,3%	↓ -2	8	↑ 2,2%	⇒ 0	6	⇒ -1,4%	⇒ 0	6						
Josefův Důl	↓ -3,8%	⇒ 0	7	↑ 0,9%	↑ 1	6	↑ 2,2%	⇒ 0	7	⇒ -1,8%	⇒ 0	7						
Nová Ves	↓ -3,8%	⇒ 0	8	↑ 0,9%	↑ 1	7	⇒ -0,9%	⇒ 0	8	↓ -3,8%	⇒ 0	8						
Jablonec nad Nisou	⇒ -2,5%	⇒ 0	9	↑ 2,4%	⇒ 0	9	⇒ -1,3%	⇒ 0	9	↑ 5,2%	⇒ 0	9						
	C1			C2			C3			C4			C5		C6			
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↓ -3,6%	⇒ 0	1	↓ -5,2%	⇒ 0	1	⇒ 0,7%	⇒ 0	1	↓ -4,9%	⇒ 0	1	⇒ -0,5%	⇒ 0	1	↓ -0,7%	⇒ 0	1
Semily	↓ -5,7%	↓ -1	3	↓ -3,9%	↓ -1	3	↓ -0,8%	↓ -1	3	↓ -4,8%	↓ -1	3	⇒ -0,1%	⇒ 0	2	↓ -1,3%	⇒ 0	2
Hrádek nad Nisou	⇒ -2,3%	↑ 1	2	⇒ -1,7%	↑ 1	2	⇒ 0,0%	↑ 1	2	↓ -3,8%	↑ 1	2	↓ -2,2%	⇒ 0	3	↓ -1,3%	⇒ 0	3
Pertoltice	↑ 3,1%	⇒ 0	4	↑ 2,6%	⇒ 0	4	⇒ 0,4%	⇒ 0	4	⇒ 1,2%	⇒ 0	4	↓ -2,5%	⇒ 0	4	↓ -2,4%	⇒ 0	4
Chrastava	⇒ -0,2%	⇒ 0	5	↓ -2,7%	⇒ 0	5	⇒ 1,3%	⇒ 0	5	↑ 1,8%	⇒ 0	5	↓ -1,3%	⇒ 0	5	↓ -1,5%	⇒ 0	5
Harrachov	↑ 3,2%	↓ -1	7	⇒ -1,9%	↓ -2	8	↑ 4,1%	⇒ 0	6	⇒ 0,6%	↓ -1	7	↓ -2,5%	↓ -1	7	↓ -1,2%	⇒ 0	6
Josefův Důl	↑ 2,4%	↓ -1	8	↑ 0,1%	⇒ 0	7	↑ 3,6%	⇒ 0	7	↓ -4,2%	↓ -1	8	↑ 3,5%	↑ 1	6	↓ -1,3%	⇒ 0	7
Nová Ves	↑ 4,1%	↑ 2	6	↑ 2,2%	↑ 2	6	⇒ 2,7%	⇒ 0	8	↑ 4,7%	↑ 2	6	↓ -3,0%	⇒ 0	8	↓ -1,8%	⇒ 0	8
Jablonec nad Nisou	⇒ -0,7%	⇒ 0	9	⇒ -1,6%	⇒ 0	9	↓ -2,4%	⇒ 0	9	⇒ -0,3%	⇒ 0	9	⇒ 1,1%	⇒ 0	9	↑ 2,8%	⇒ 0	9
	D1			D2			D3			D4			D5		D6			
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 1,6%	⇒ 0	1	↑ 1,4%	⇒ 0	1	⇒ 1,7%	⇒ 0	1	↓ -1,6%	⇒ 0	1	↓ -1,6%	⇒ 0	1	↑ 1,7%	⇒ 0	1
Semily	↓ -5,6%	⇒ 0	2	↑ 1,8%	⇒ 0	2	↑ 2,2%	⇒ 0	2	⇒ -1,1%	⇒ 0	2	⇒ -1,1%	⇒ 0	2	↑ 2,2%	⇒ 0	2
Hrádek nad Nisou	↓ -5,6%	⇒ 0	3	↑ 1,8%	⇒ 0	3	↑ 2,2%	⇒ 0	3	⇒ -1,1%	⇒ 0	3	↓ -1,2%	⇒ 0	3	↑ 2,2%	⇒ 0	3
Pertoltice	↑ 3,0%	⇒ 0	4	⇒ -0,7%	⇒ 0	4	↑ 3,4%	⇒ 0	4	↑ 3,4%	⇒ 0	4	↑ 3,4%	⇒ 0	4	⇒ -0,8%	⇒ 0	4
Chrastava	↓ -4,4%	⇒ 0	5	⇒ -0,5%	⇒ 0	5	↑ 3,5%	⇒ 0	5	↓ -1,5%	⇒ 0	5	↓ -3,2%	⇒ 0	5	⇒ -0,7%	⇒ 0	5
Harrachov	↑ 4,0%	⇒ 0	6	↑ 0,2%	⇒ 0	6	↑ 4,4%	⇒ 0	6	↓ -4,0%	↓ -1	7	↓ -4,0%	↓ -1	7	↑ 0,2%	⇒ 0	6
Josefův Důl	↑ 4,1%	⇒ 0	7	↓ -3,2%	↓ -1	8	↑ 4,5%	⇒ 0	7	↓ -3,9%	↓ -1	8	↓ -4,0%	↓ -1	8	↓ -3,9%	↓ -1	8
Nová Ves	↑ 4,1%	⇒ 0	8	↑ 0,2%	↑ 1	7	↑ 4,5%	⇒ 0	8	↑ 4,5%	↑ 2	6	↑ 4,5%	↑ 2	6	↑ 0,3%	↑ 1	7
Jablonec nad Nisou	⇒ -2,3%	⇒ 0	9	↑ 1,3%	⇒ 0	9	↓ -2,6%	⇒ 0	9	↓ -2,6%	⇒ 0	9	⇒ -0,9%	⇒ 0	9	↑ 1,6%	⇒ 0	9
	E1			E2			E3			E4			E5		E6			
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 1,0%	⇒ 0	1	↑ 0,6%	⇒ 0	1	↑ 1,0%	⇒ 0	1	↑ 1,7%	⇒ 0	1	⇒ 1,0%	⇒ 0	1	↑ 1,7%	⇒ 0	1
Semily	⇒ -0,3%	⇒ 0	2	↑ 0,8%	⇒ 0	2	↑ 1,3%	⇒ 0	2	↑ 2,2%	⇒ 0	2	↑ 1,3%	⇒ 0	2	↑ 2,2%	⇒ 0	2
Hrádek nad Nisou	↓ -0,4%	⇒ 0	3	↑ 0,8%	⇒ 0	3	↑ 1,3%	⇒ 0	3	↑ 2,2%	⇒ 0	3	↑ 1,3%	⇒ 0	3	↑ 2,2%	⇒ 0	3
Pertoltice	↑ 2,0%	⇒ 0	4	↑ 1,3%	⇒ 0	4	↑ 2,0%	⇒ 0	4	↑ 3,4%	⇒ 0	4	↑ 2,0%	⇒ 0	4	↑ 3,4%	⇒ 0	4
Chrastava	⇒ 0,4%	⇒ 0	5	⇒ -0,2%	⇒ 0	5	⇒ -0,4%	⇒ 0	5	↑ 3,5%	⇒ 0	5	⇒ 0,4%	⇒ 0	5	⇒ -0,7%	⇒ 0	5
Harrachov	↓ -2,4%	↓ -2	8	⇒ 0,1%	⇒ 0	6	⇒ 0,1%	⇒ 0	6	↓ -4,0%	↓ -1	7	↓ -2,4%	↓ -1	7	⇒ 0,2%	⇒ 0	6
Josefův Důl	⇒ -0,7%	↑ 1	6	⇒ 0,1%	⇒ 0	7	⇒ 0,2%	⇒ 0	7	↓ -3,9%	↓ -1	8	↓ -2,3%	↓ -1	8	⇒ 0,3%	⇒ 0	7
Nová Ves	⇒ -0,6%	↑ 2	6	↓ -1,4%	⇒ 0	8	↓ -2,3%	⇒ 0	8	↑ 4,5%	↑ 2	6	↑ 2,7%	↑ 2	6	↓ -3,9%	⇒ 0	8
Jablonec nad Nisou	↓ -1,5%	⇒ 0	9	↑ 0,6%	⇒ 0	9	↑ 1,0%	⇒ 0	9	↓ -2,6%	⇒ 0	9	↑ 1,8%	⇒ 0	9	↑ 1,6%	⇒ 0	9
	F1			F2			F3			F4			F5					
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění				
Kraslice	⇒ 1,6%	⇒ 0	1	⇒ -0,4%	⇒ 0	1	↓ -1,2%	⇒ 0	1	⇒ -1,2%	⇒ 0	1	↓ -3,7%	⇒ 0	1			
Semily	⇒ 2,0%	⇒ 0	2	↓ -2,2%	↓ -1	3	↓ -3,8%	↓ -1	3	↑ 2,5%	⇒ 0	2	↓ -3,3%	↓ -1	3			
Hrádek nad Nisou	↑ 2,0%	⇒ 0	3	↑ 2,5%	↑ 1	2	↑ 2,5%	↑ 1	2	↑ 2,5%	⇒ 0	3	⇒ -0,6%	↑ 1	2			
Pertoltice	↓ -4,5%	↓ -1	5	↓ -5,6%	↓ -1	5	↓ -2,5%	↓ -1	5	↓ -5,6%	↓ -1	5	↓ -2,2%	⇒ 0	4			
Chrastava	↑ 3,2%	↑ 1	4	⇒ -0,8%	↑ 1	4	↑ 3,9%	↑ 1	4	↑ 0,8%	↑ 1	4	↓ -2,0%	⇒ 0	5			
Harrachov	↑ 4,0%	⇒ 0	6	↑ 2,6%	⇒ 0	6	↑ 4,9%	⇒ 0	6	↑ 1,8%	⇒ 0	6	↑ 4,3%	⇒ 0	6			
Josefův Důl	↑ 4,0%	⇒ 0	7	⇒ 0,3%	⇒ 0	7	↓ -4,4%	↓ -1	8	⇒ -1,3%	⇒ 0	7	↓ -3,8%	↓ -1	8			
Nová Ves	⇒ 0,3%	⇒ 0	8	↓ -2,0%	⇒ 0	8	↓ -1,2%	↑ 1	7	↓ -4,4%	⇒ 0	8	⇒ -1,1%	↑ 1	7			
Jablonec nad Nisou	↑ 5,3%	⇒ 0	9	↑ 6,5%	⇒ 0	9	↑ 6,5%	⇒ 0	9	↑ 3,4%	⇒ 0	9	↑ 0,2%	⇒ 0	9			

# **Příloha I: Změna váhy vedlejšího kritéria na 10 %**



■ Kraslice      ■ Semily      ■ Hrádek nad Nisou  
 ■ Pertoltice    ■ Chrastava    ■ Harrachov  
 ■ Josefov Důl   ■ Nová Ves     ■ Jablonec nad Nisou

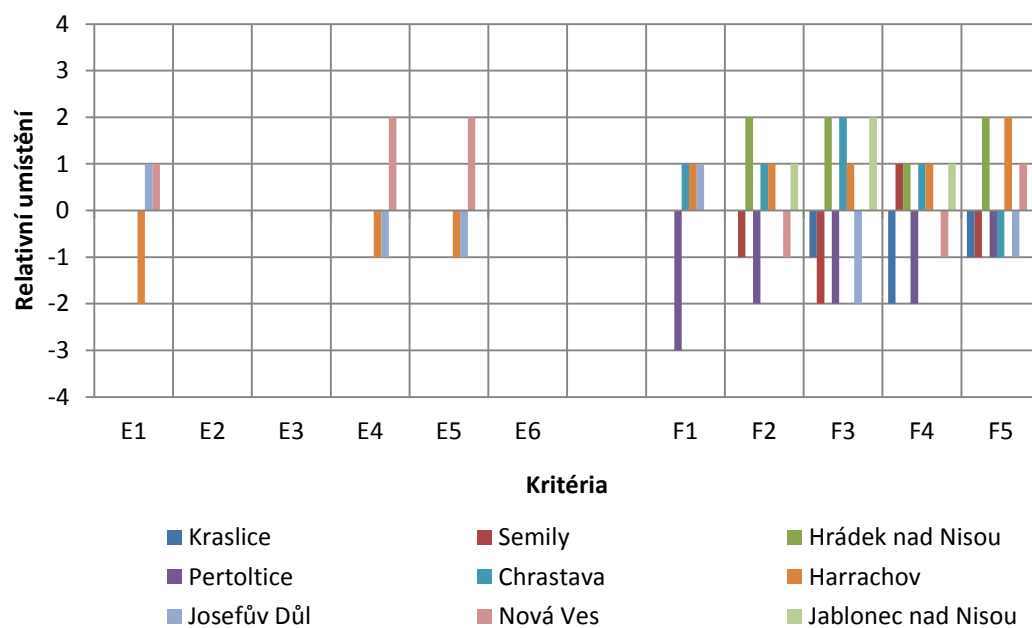
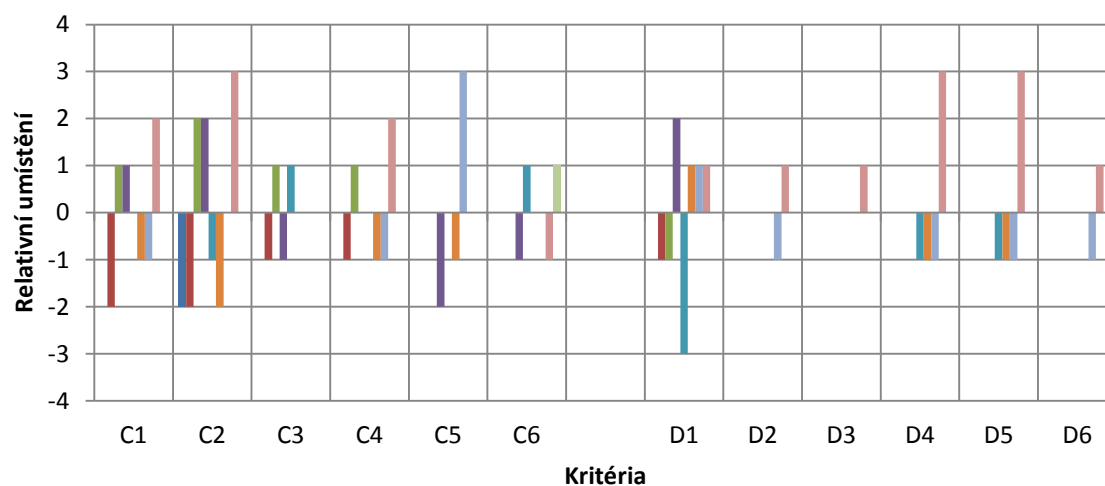
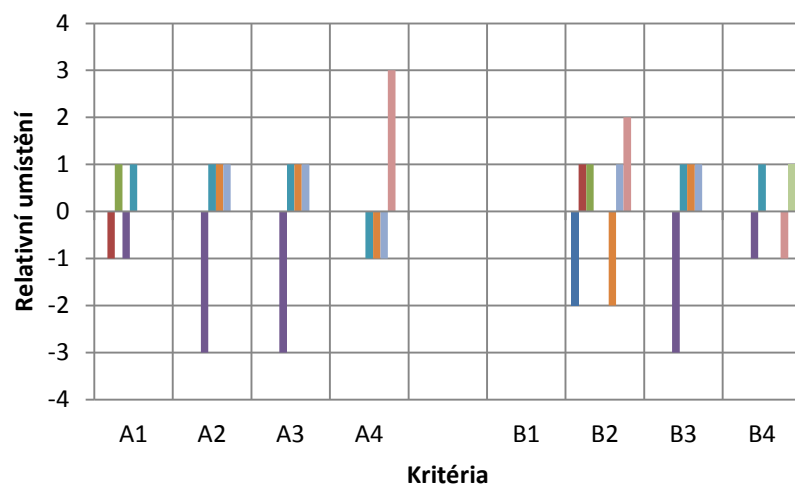
**Příloha I: Změna váhy vedlejšího kritéria na 10 %**



## Příloha II: Změna váhy vedlejšího kritéria na 20 %

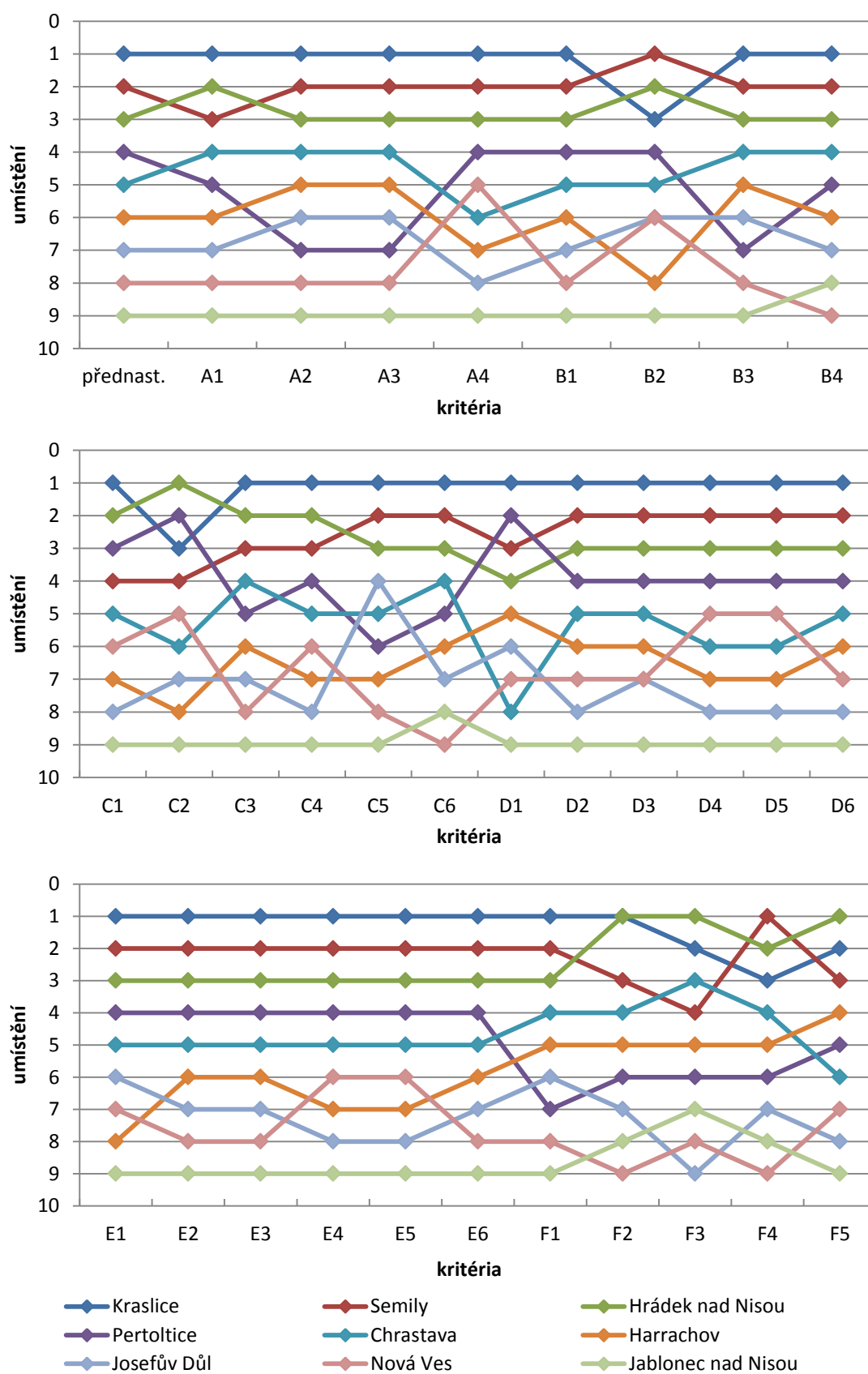
Váha kritéria 20%	A1			A2			A3			A4								
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění							
Kraslice	↓ -1,4%	0 1		↑ 3,4%	0 1		↑ 3,4%	0 1		↓ -2,1%	0 1							
Semily	→ 0,3%	↓ -1 3		↑ 2,3%	0 2		↑ 2,3%	0 2		↓ -1,1%	0 2							
Hrádek nad Nisou	→ 0,6%	↑ 1 2		→ -3,1%	0 3		→ -3,1%	0 3		↓ -1,1%	0 3							
Pertoltice	↓ -0,6%	↓ -1 5		↓ -9,8%	↓ -3 7		↓ -9,8%	↓ -3 7		↑ 6,6%	0 4							
Chrastava	↑ 3,2%	↑ 1 4		↑ 3,0%	↑ 1 4		↑ 3,0%	↑ 1 4		↓ -4,1%	↓ -1 6							
Harrachov	↑ 1,6%	0 6		↑ 4,5%	↑ 1 5		↑ 4,5%	↑ 1 5		↓ -2,3%	↓ -1 7							
Josefův Důl	↑ 1,6%	0 7		↑ 4,6%	↑ 1 6		↑ 4,6%	↑ 1 6		↓ -2,2%	↓ -1 8							
Nová Ves	→ 0,5%	0 8		→ -1,9%	0 8		→ -1,9%	0 8		↑ 8,7%	↑ 3 5							
Jablonec nad Nisou	↓ -2,4%	0 9		→ -2,6%	0 9		→ -2,6%	0 9		↓ -5,1%	0 9							
	B1			B2			B3			B4								
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění							
Kraslice	↑ 3,8%	0 1		→ -4,2%	↓ -2 3		↑ 3,8%	0 1		↑ 3,9%	0 1							
Semily	↑ 4,8%	0 2		↑ 5,1%	↑ 1 1		↑ 2,5%	0 2		→ 3,4%	0 2							
Hrádek nad Nisou	↑ 4,8%	0 3		↑ 5,1%	↑ 1 2		→ -3,5%	0 3		→ -1,7%	0 3							
Pertoltice	↓ -10,9%	0 4		→ -0,5%	0 4		↓ -10,9%	↓ -3 7		↓ -11,4%	↓ -1 5							
Chrastava	↓ -10,6%	0 5		→ -0,2%	0 5		↑ 3,4%	↑ 1 4		0 1,1%	↑ 1 4							
Harrachov	↓ -8,6%	0 6		↓ -9,0%	↓ -2 8		↑ 5,0%	↑ 1 5		→ -2,9%	0 6							
Josefův Důl	↓ -8,5%	0 7		↑ 1,9%	↑ 1 6		↑ 5,0%	↑ 1 6		→ -3,9%	0 7							
Nová Ves	↓ -8,5%	0 8		↑ 2,0%	↑ 2 6		→ -2,1%	0 8		↓ -8,1%	↓ -1 9							
Jablonec nad Nisou	→ -5,6%	0 9		↑ 5,0%	0 9		→ -2,9%	0 9		↑ 10,9%	↑ 1 8							
	C1			C2			C3			C4			C5			C6		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↓ -8,5%	0 1		↓ -13,4%	↓ -2 3		→ 1,7%	0 1		↓ -10,5%	0 1		→ -1,3%	0 1		↓ -2,6%	0 1	
Semily	↓ -13,2%	↓ -2 4		↓ -9,9%	↓ -2 4		→ -2,0%	↓ -1 3		↓ -10,3%	↓ -1 3		→ -0,3%	0 2		↓ -4,9%	0 2	
Hrádek nad Nisou	→ -5,4%	↑ 1 2		→ -4,3%	↑ 2 1		→ 0,1%	↑ 1 2		↓ -8,1%	↑ 1 2		→ -5,6%	0 3		↓ -4,8%	0 3	
Pertoltice	↑ 7,2%	↑ 1 3		↑ 6,8%	↑ 2 2		→ 1,0%	↓ -1 5		→ 2,5%	0 4		↓ -6,5%	↓ -2 6		↓ -8,8%	↓ -1 5	
Chrastava	→ -0,6%	0 5		↓ -6,9%	↓ -1 6		↑ 3,0%	↑ 1 4		↑ 3,8%	0 5		→ -3,4%	0 5		→ -5,5%	↑ 1 4	
Harrachov	↑ 7,5%	↓ -1 7		→ -5,0%	↓ -2 8		↑ 9,5%	0 6		→ 1,3%	↓ -1 7		↓ -6,4%	↓ -1 7		→ -4,2%	0 6	
Josefův Důl	↑ 5,5%	↓ -1 8		↑ 0,2%	0 7		↑ 8,4%	0 7		↓ -9,0%	↓ -1 8		↑ 9,0%	↑ 3 4		↓ -4,9%	0 7	
Nová Ves	↑ 9,6%	↑ 2 6		↑ 5,6%	↑ 3 5		↑ 6,2%	0 8		↑ 10,2%	↑ 2 6		→ -7,9%	0 8		→ -6,8%	↓ -1 9	
Jablonec nad Nisou	→ -1,8%	0 9		→ -4,1%	0 9		↓ -5,6%	0 9		→ -0,7%	0 9		→ 2,8%	0 9		↑ 10,2%	↑ 1 8	
	D1			D2			D3			D4			D5			D6		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 3,7%	0 1		↑ 3,5%	0 1		↑ 3,8%	0 1		→ -3,6%	0 1		→ -3,6%	0 1		↑ 3,8%	0 1	
Semily	↓ -13,1%	↓ -1 3		↑ 4,5%	0 2		↑ 4,9%	0 2		→ -2,5%	0 2		→ -2,5%	0 2		↑ 4,9%	0 2	
Hrádek nad Nisou	↓ -13,1%	↓ -1 4		↑ 4,5%	0 3		↑ 4,9%	0 3		→ -2,5%	0 3		→ -2,5%	0 3		↑ 4,9%	0 3	
Pertoltice	↑ 7,2%	↑ 2 2		→ -1,7%	0 4		↑ 7,4%	0 4		↑ 7,4%	0 4		↑ 7,4%	0 4		→ -1,8%	0 4	
Chrastava	↓ -10,4%	↓ -3 8		→ -1,4%	0 5		↑ 7,7%	0 5		→ -3,4%	↓ -1 6		↓ -7,1%	↓ -1 6		→ -1,5%	0 5	
Harrachov	↑ 9,4%	↑ 1 5		0 0,5%	0 6		↑ 9,8%	0 6		→ -8,8%	↓ -1 7		→ -8,8%	↓ -1 7		0 0,5%	0 6	
Josefův Důl	↑ 9,5%	↑ 1 6		↓ -8,0%	↓ -1 8		↑ 9,8%	0 7		→ -8,7%	↓ -1 8		↓ -8,7%	↓ -1 8		↓ -8,7%	↓ -1 8	
Nová Ves	↑ 9,5%	↑ 1 7		0 0,6%	1 7		↑ 9,9%	↑ 1 7		↑ 9,9%	↑ 3 5		↑ 9,9%	↑ 3 5		0 0,6%	1 7	
Jablonec nad Nisou	→ -5,5%	0 9		↑ 3,2%	0 9		↓ -5,8%	0 9		→ -5,8%	0 9		→ -2,0%	0 9		↑ 3,5%	0 9	
	E1			E2			E3			E4			E5			E6		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 3,2%	0 1		↑ 2,9%	0 1		↑ 3,2%	0 1		↑ 3,8%	0 1		↑ 3,2%	0 1		↑ 3,8%	0 1	
Semily	↓ -1,1%	0 2		↑ 3,7%	0 2		↑ 4,1%	0 2		↑ 4,9%	0 2		↑ 4,1%	0 2		↑ 4,9%	0 2	
Hrádek nad Nisou	→ -1,1%	0 3		↑ 3,7%	0 3		↑ 4,1%	0 3		↑ 4,9%	0 3		↑ 4,1%	0 3		↑ 4,9%	0 3	
Pertoltice	↑ 6,3%	0 4		↑ 5,6%	0 4		↑ 6,3%	0 4		↑ 7,4%	0 4		↑ 6,3%	0 4		↑ 7,4%	0 4	
Chrastava	→ 1,3%	0 5		→ -1,2%	0 5		→ -1,3%	0 5		↑ 7,7%	0 5		→ 1,3%	0 5		→ -1,5%	0 5	
Harrachov	↓ -7,4%	↓ -2 8		0 0,4%	0 6		0 0,4%	0 6		↓ -8,8%	↓ -1 7		↓ -7,4%	↓ -1 7		0 0,5%	0 6	
Josefův Důl	→ -2,1%	↑ 1 6		0 0,4%	0 7		0 0,5%	0 7		↓ -8,7%	↓ -1 8		↓ -7,3%	↓ -1 8		0 0,6%	0 7	
Nová Ves	→ -2,1%	↑ 1 7		↓ -6,5%	0 8		↓ -7,3%	0 8		↑ 9,9%	↑ 2 6		↑ 8,3%	↑ 2 6		↓ -8,7%	0 8	
Jablonec nad Nisou	↓ -4,8%	0 9		↑ 2,7%	0 9		↑ 3,0%	0 9		↓ -5,8%	0 9		↑ 5,6%	0 9		↑ 3,5%	0 9	
	F1			F2			F3			F4			F5					
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění				
Kraslice	→ 3,7%	0 1		→ -0,8%	0 1		↓ -2,5%	↓ -1 2		→ -2,5%	↓ -2 3		↓ -8,5%	↓ -1 2				
Semily	→ 4,7%	0 2		↓ -4,6%	↓ -1 3		↓ -7,8%	↓ -2 4		↑ 5,2%	↑ 1 1		↓ -7,4%	↓ -1 3				
Hrádek nad Nisou	→ 4,7%	0 3		↑ 5,2%	2 1		↑ 5,2%	2 1		↑ 5,2%	1 2		→ -1,2%	2 1				
Pertoltice	↓ -10,7%	↓ -3 7		↓ -11,7%	↓ -2 6		↓ -5,2%	↓ -2 6		↓ -11,7%	↓ -2 6		↓ -4,9%	↓ -1 5				
Chrastava	↑ 7,5%	↑ 1 4		→ -1,6%	↑ 1 4		↑ 8,1%	↑ 2 3		↑ 1,6%	↑ 1 4		→ -4,6%	↓ -1 6				
Harrachov	↑ 9,4%	↑ 1 5		↑ 5,4%	↑ 1 5		↑ 10,3%	↑ 1 5		↑ 3,8%	↑ 1 5		↑ 9,7%	↑ 2 4				
Josefův Důl	↑ 9,5%	↑ 1 6		0 0,6%	0 7		↓ -9,2%	↓ -2 9		→ -2,7%	0 7		↓ -8,7%	↓ -1 8				
Nová Ves	0 0,6%	0 8		↓ -4,2%	↓ -1 9		↓ -2,6%	0 8		↓ -9,1%	↓ -1 9		→ -2,5%	↑ 1 7				
Jablonec nad Nisou	↑ 12,3%	0 9		↑ 13,4%	↑ 1 8		↑ 13,4%	↑ 2 7		↑ 6,9%	↑ 1 8		0 0,4%	0 9				

## Příloha II: Změna váhy vedlejšího kritéria na 20 %





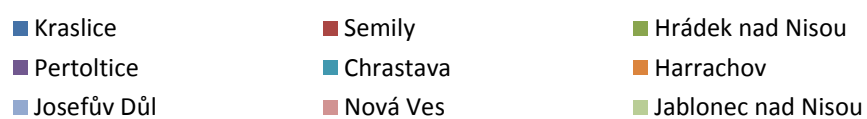
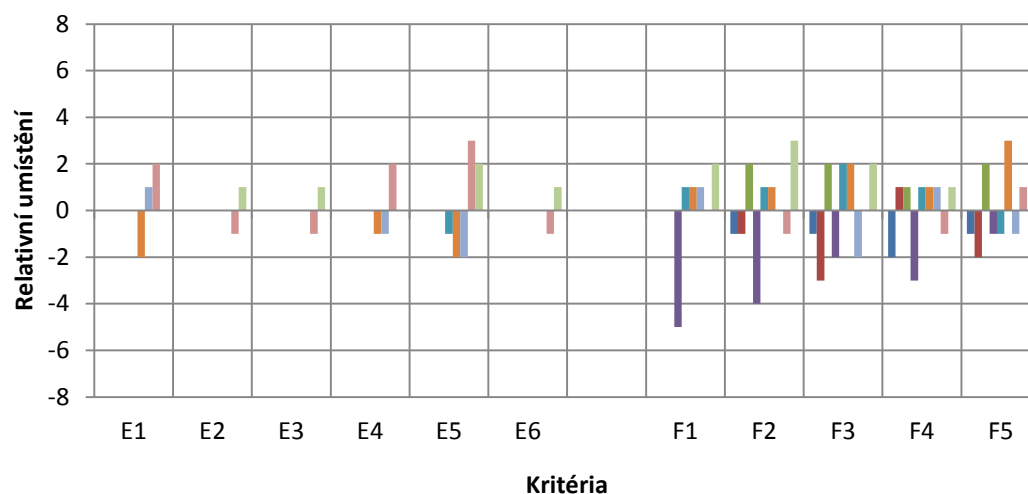
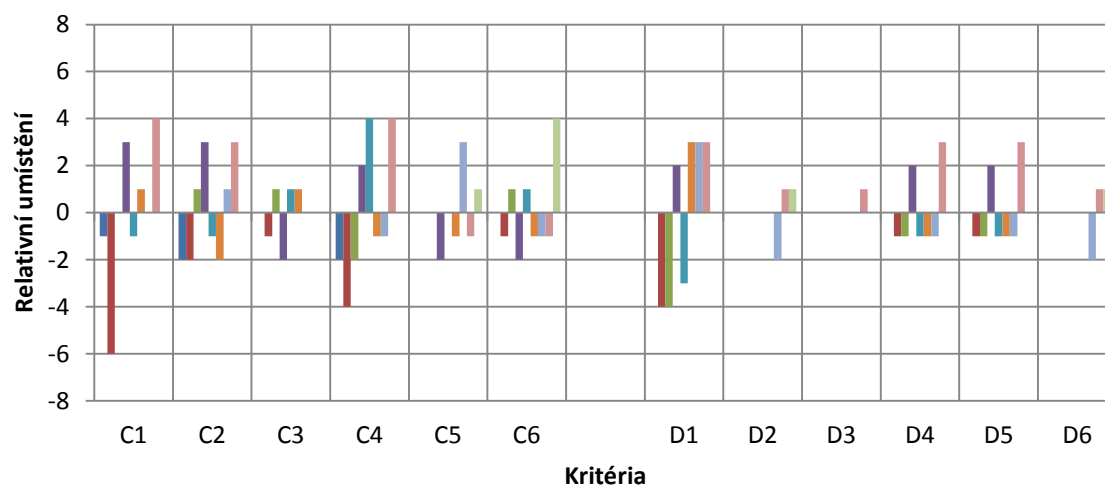
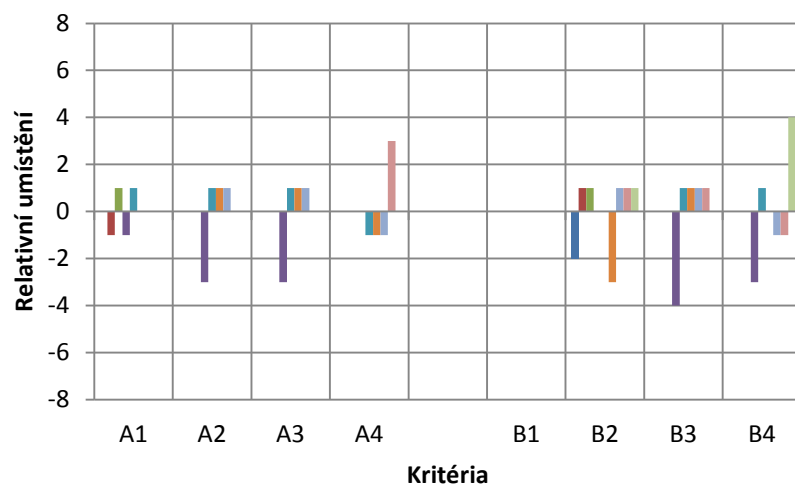
## Příloha II: Změna váhy vedlejšího kritéria na 20 %



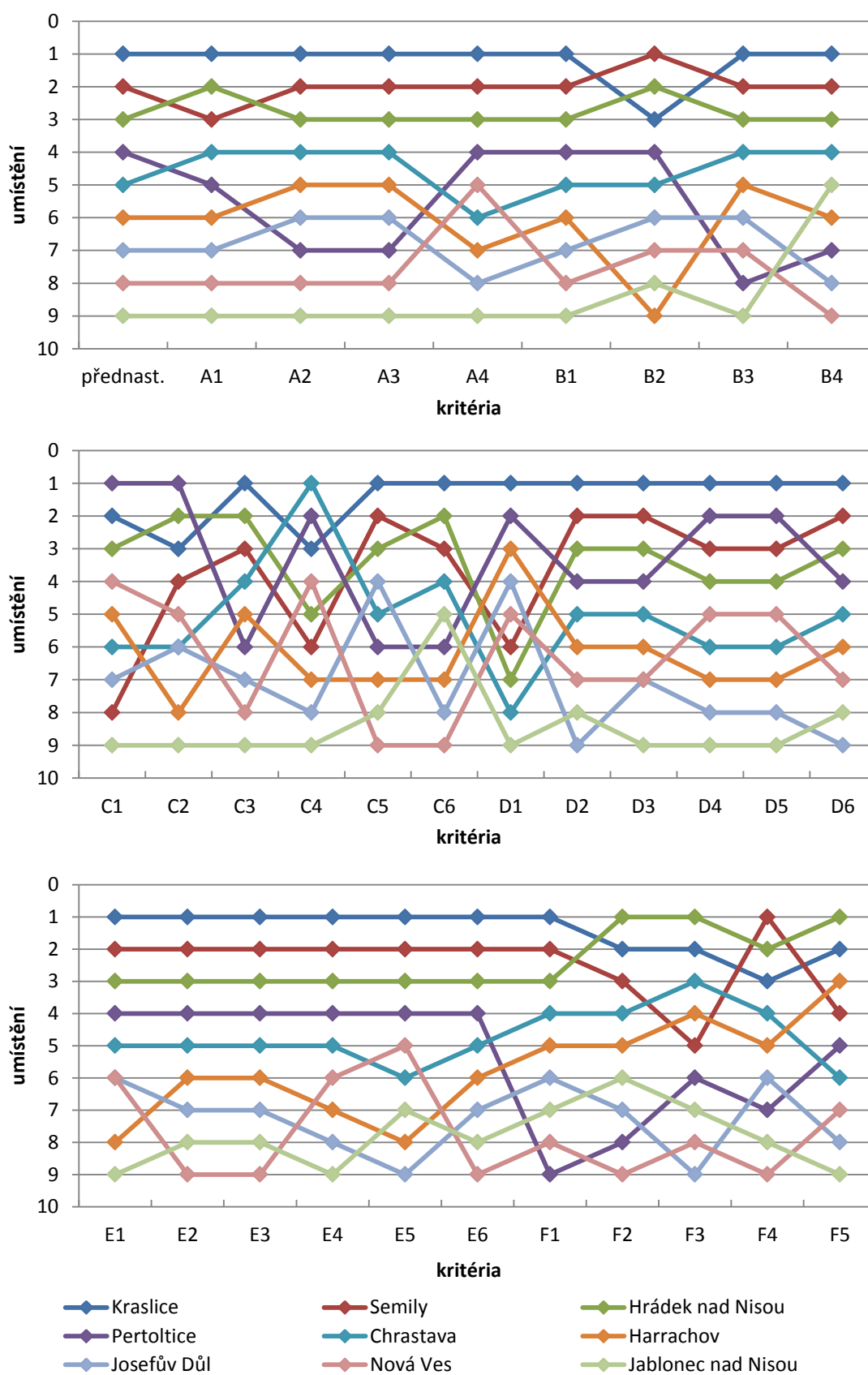
### Príloha III: Zmena váhy vedlejšího kritéria na 30 %

Váha kritéria 30%	A1			A2			A3			A4								
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění							
Kraslice	↓ -3,6%	0	1	↑ 5,5%	0	1	↑ 5,5%	0	1	↓ -3,4%	0	1						
Semily	→ 0,7%	↓ -1	3	↑ 3,7%	0	2	↑ 3,7%	0	2	↓ -1,8%	0	2						
Hrádek nad Nisou	→ 1,6%	↑ 1	2	→ -5,1%	0	3	→ -5,1%	0	3	↓ -1,8%	0	3						
Pertoltice	↓ -1,4%	↓ -1	5	↓ -16,1%	↓ -3	7	↓ -16,1%	↓ -3	7	↑ 10,7%	0	4						
Chrastava	↑ 8,0%	↑ 1	4	↑ 5,0%	↑ 1	4	↑ 5,0%	↑ 1	4	↓ -6,7%	↓ -1	6						
Harrachov	↑ 3,9%	↑ 0	6	↑ 7,4%	↑ 1	5	↑ 7,4%	↑ 1	5	↓ -3,7%	↓ -1	7						
Josefův Důl	↑ 4,0%	→ 0	7	↑ 7,5%	↑ 1	6	↑ 7,5%	↑ 1	6	↓ -3,7%	↓ -1	8						
Nová Ves	→ 1,3%	→ 0	8	→ -3,2%	→ 0	8	→ -3,2%	→ 0	8	↑ 14,2%	↑ 3	5						
Jablonec nad Nisou	↓ -6,0%	→ 0	9	→ -4,3%	→ 0	9	→ -4,3%	→ 0	9	↓ -8,3%	→ 0	9						
	B1			B2			B3			B4								
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění							
Kraslice	↑ 5,9%	→ 0	1	→ -6,5%	↓ -2	3	↑ 5,9%	→ 0	1	↑ 6,1%	→ 0	1						
Semily	↑ 7,5%	→ 0	2	↑ 7,8%	↑ 1	1	↑ 3,9%	→ 0	2	→ 5,3%	→ 0	2						
Hrádek nad Nisou	↑ 7,6%	→ 0	3	↑ 7,8%	↑ 1	2	→ -5,5%	→ 0	3	→ -2,5%	→ 0	3						
Pertoltice	↓ -17,0%	→ 0	4	→ -0,8%	→ 0	4	↓ -17,0%	↓ -4	8	↓ -17,5%	↓ -3	7						
Chrastava	↓ -16,6%	→ 0	5	→ -0,4%	→ 0	5	↑ 5,2%	↑ 1	4	→ 0,2%	↑ 1	4						
Harrachov	↓ -13,4%	→ 0	6	↓ -13,9%	↓ -3	9	↑ 7,8%	↑ 1	5	→ -4,4%	→ 0	6						
Josefův Důl	↓ -13,3%	→ 0	7	↑ 3,0%	↑ 1	6	↑ 7,9%	↑ 1	6	→ -6,0%	↓ -1	8						
Nová Ves	↓ -13,3%	→ 0	8	↑ 3,0%	↑ 1	7	→ -3,4%	↑ 1	7	↓ -12,4%	↓ -1	9						
Jablonec nad Nisou	→ -8,8%	→ 0	9	↑ 7,6%	↑ 1	8	→ -4,6%	→ 0	9	↑ 16,8%	↑ 4	5						
	C1			C2			C3			C4			C5		C6			
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↓ -13,3%	↓ -1	2	↓ -21,6%	↓ -2	3	→ 2,6%	→ 0	1	↓ -16,1%	↓ -2	3	→ -2,2%	→ 0	1	↓ -4,5%	→ 0	1
Semily	↓ -20,8%	↓ -6	8	↓ -16,1%	↓ -2	4	→ -3,1%	↓ -1	3	↓ -15,8%	↓ -4	6	→ -0,6%	→ 0	2	↓ -8,5%	↓ -1	3
Hrádek nad Nisou	→ -8,4%	→ 0	3	→ -6,9%	↑ 1	2	→ 0,2%	↑ 1	2	↓ -12,4%	↓ -2	5	→ -9,0%	→ 0	3	↓ -8,2%	↑ 1	2
Pertoltice	↑ 11,4%	↑ 3	1	↑ 10,9%	↑ 3	1	→ 1,6%	↓ -2	6	↑ 3,8%	↑ 2	2	↓ -10,5%	↓ -2	6	↓ -15,2%	↓ -2	6
Chrastava	→ -1,0%	↓ -1	6	↓ -11,2%	↓ -1	6	→ 4,7%	↑ 1	4	↑ 5,8%	↑ 4	1	→ -5,5%	→ 0	5	↓ -9,5%	↑ 1	4
Harrachov	↑ 11,7%	↑ 1	5	→ -8,0%	↓ -2	8	↑ 14,9%	↑ 1	5	→ 2,1%	↓ -1	7	↓ -10,3%	↓ -1	7	→ -7,3%	↓ -1	7
Josefův Důl	↑ 8,6%	→ 0	7	↑ 0,3%	↑ 1	6	↑ 13,2%	→ 0	7	↓ -13,7%	↓ -1	8	↑ 14,5%	↑ 3	4	↓ -8,4%	↓ -1	8
Nová Ves	↑ 15,1%	↑ 4	4	↑ 9,1%	↑ 3	5	↑ 9,8%	→ 0	8	↑ 15,5%	↑ 4	4	↓ -12,8%	↓ -1	9	↓ -11,6%	↓ -1	9
Jablonec nad Nisou	→ -2,9%	→ 0	9	→ -6,6%	→ 0	9	↓ -8,8%	→ 0	9	→ -1,1%	→ 0	9	↑ 4,5%	↑ 1	8	↑ 17,5%	↑ 4	5
	D1			D2			D3			D4			D5			D6		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 5,8%	→ 0	1	↑ 5,7%	→ 0	1	→ 6,0%	→ 0	1	→ -5,5%	→ 0	1	→ -5,5%	→ 0	1	→ 6,0%	→ 0	1
Semily	↓ -20,6%	↓ -4	6	↑ 7,3%	→ 0	2	↑ 7,7%	→ 0	2	→ -3,9%	↓ -1	3	→ -3,9%	↓ -1	3	↑ 7,7%	→ 0	2
Hrádek nad Nisou	↓ -20,6%	↓ -4	7	↑ 7,3%	→ 0	3	↑ 7,7%	→ 0	3	→ -3,8%	↓ -1	4	→ -3,8%	↓ -1	4	↑ 7,7%	→ 0	3
Pertoltice	↑ 11,2%	↑ 2	2	→ -2,7%	→ 0	4	↑ 11,6%	→ 0	4	↑ 11,5%	↑ 2	2	↑ 11,5%	↑ 2	2	→ -2,9%	→ 0	4
Chrastava	↓ -16,4%	↓ -3	8	→ -2,3%	→ 0	5	↑ 12,0%	→ 0	5	→ -5,3%	↓ -1	6	↓ -11,0%	↓ -1	6	→ -2,4%	→ 0	5
Harrachov	↑ 14,8%	↑ 3	3	→ 0,7%	→ 0	6	↑ 15,2%	→ 0	6	↓ -13,6%	↓ -1	7	↓ -13,6%	↓ -1	7	→ 0,8%	→ 0	6
Josefův Důl	↑ 14,9%	↑ 3	4	↓ -12,9%	↓ -2	9	↑ 15,3%	→ 0	7	↓ -13,5%	↓ -1	8	↓ -13,5%	↓ -1	8	↓ -13,6%	↓ -2	9
Nová Ves	↑ 14,9%	↑ 3	5	↑ 0,9%	↑ 1	7	↑ 15,4%	↑ 1	7	↑ 15,3%	↑ 3	5	↑ 15,3%	↑ 3	5	↑ 0,9%	↑ 1	7
Jablonec nad Nisou	→ -8,7%	→ 0	9	↑ 5,2%	↑ 1	8	↓ -9,0%	→ 0	9	↓ -8,9%	→ 0	9	→ -3,2%	→ 0	9	↑ 5,5%	↑ 1	8
	E1			E2			E3			E4			E5			E6		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 5,4%	→ 0	1	↑ 5,1%	→ 0	1	↑ 5,4%	→ 0	1	↑ 5,9%	→ 0	1	↑ 5,4%	→ 0	1	↑ 5,9%	→ 0	1
Semily	→ -1,8%	→ 0	2	↑ 6,5%	→ 0	2	↑ 6,9%	→ 0	2	↑ 7,6%	→ 0	2	↑ 6,9%	→ 0	2	↑ 7,6%	→ 0	2
Hrádek nad Nisou	→ -1,8%	→ 0	3	↑ 6,6%	→ 0	3	↑ 7,0%	→ 0	3	↑ 7,6%	→ 0	3	↑ 7,0%	→ 0	3	↑ 7,6%	→ 0	3
Pertoltice	↑ 10,5%	→ 0	4	↑ 9,9%	→ 0	4	↑ 10,5%	→ 0	4	↑ 11,5%	→ 0	4	↑ 10,5%	→ 0	4	↑ 11,5%	→ 0	4
Chrastava	→ 2,2%	→ 0	5	→ -2,1%	→ 0	5	→ -2,2%	→ 0	5	↑ 11,9%	→ 0	5	→ 2,2%	↓ -1	6	→ -2,4%	→ 0	5
Harrachov	↓ -12,4%	↓ -2	8	→ 0,7%	→ 0	6	→ 0,7%	→ 0	6	↓ -13,6%	↓ -1	7	↓ -12,4%	↓ -2	8	→ 0,8%	→ 0	6
Josefův Důl	→ -3,6%	↑ 1	6	→ 0,7%	→ 0	7	→ 0,8%	→ 0	7	↓ -13,5%	↓ -1	8	↓ -12,3%	↓ -2	9	→ 0,9%	→ 0	7
Nová Ves	→ -3,5%	↑ 2	6	↓ -11,6%	↓ -1	9	↓ -12,2%	↓ -1	9	↑ 15,3%	↑ 2	6	↑ 13,9%	↑ 3	5	↓ -13,4%	↓ -1	9
Jablonec nad Nisou	↓ -8,1%	→ 0	9	↑ 4,7%	↑ 1	8	↑ 4,9%	↑ 1	8	↓ -8,9%	→ 0	9	↑ 9,3%	↑ 2	7	↑ 5,4%	↑ 1	8
	F1			F2			F3			F4			F5					
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	→ 5,8%	→ 0	1	→ -1,3%	↓ -1	2	↓ -3,7%	↓ -1	2	→ -3,7%	↓ -2	3	↓ -13,2%	↓ -1	2			
Semily	↑ 7,4%	→ 0	2	→ -7,0%	↓ -1	3	↓ -11,9%	↓ -3	5	↑ 7,9%	↑ 1	1	↓ -11,5%	→ -2	4			
Hrádek nad Nisou	↑ 7,5%	→ 0	3	↑ 7,9%	↑ 2	1	↑ 7,9%	↑ 2	1	↑ 7,9%	↑ 1	2	→ -1,9%	↑ 2	1			
Pertoltice	↓ -16,8%	↓ -5	9	↓ -17,7%	↓ -4	8	↓ -7,9%	↓ -2	6	↓ -17,7%	↓ -3	7	→ -7,6%	↓ -1	5			
Chrastava	↑ 11,7%	↑ 1	4	→ -2,5%	↑ 1	4	↑ 12,3%	↑ 2	3	↑ 2,4%	↑ 1	4	→ -7,2%	↓ -1	6			
Harrachov	↑ 14,8%	↑ 1	5	↑ 8,2%	↑ 1	5	↑ 15,6%	↑ 2	4	↑ 5,7%	↑ 1	5	↑ 15,1%	↑ 3	3			
Josefův Důl	↑ 14,9%	↑ 1	6	→ 0,9%	→ 0	7	↓ -13,9%	↓ -2	9	→ -4,0%	↑ 1	6	↓ -13,5%	↓ -1	8			
Nová Ves	→ 0,9%	→ 0	8	↓ -6,5%	↓ -1	9	↓ -4,0%	→ 0	8	↓ -13,9%	↓ -1	9	→ -3,9%	↑ 1	7			
Jablonec nad Nisou	↑ 19,3%	↑ 2	7	↑ 20,4%	↑ 3	6	↑ 20,4%	↑ 2	7	↑ 10,5%	↑ 1	8	→ 0,6%	→ 0	9			

### Příloha III: Změna váhy vedlejšího kritéria na 30 %



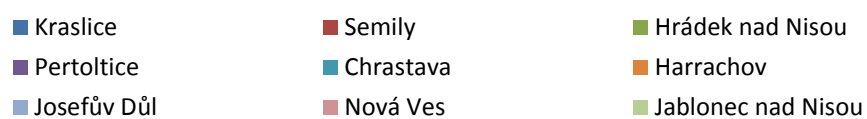
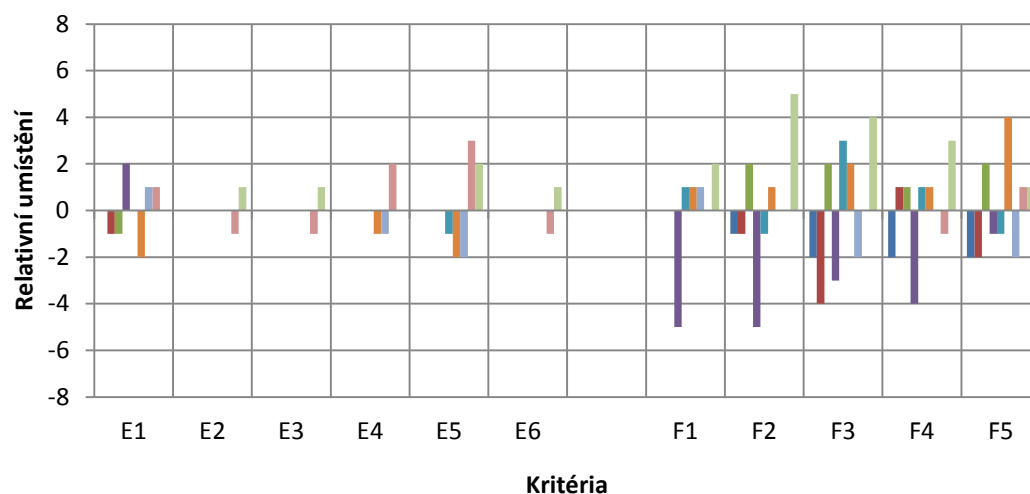
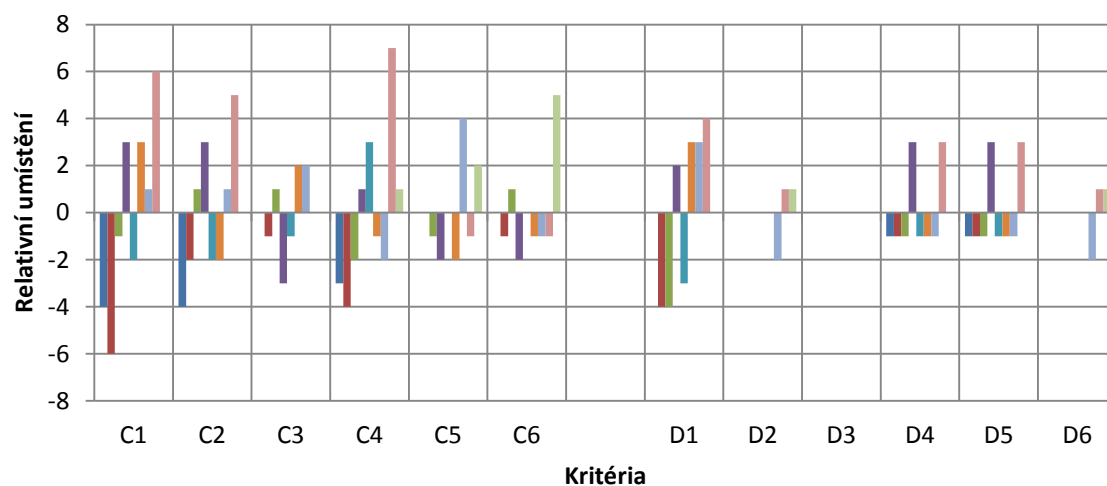
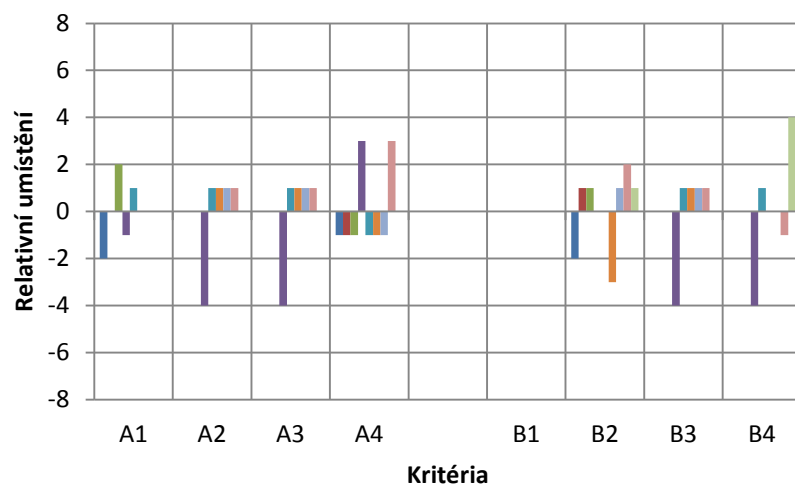
**Příloha III: Změna váhy vedlejšího kritéria na 30 %**



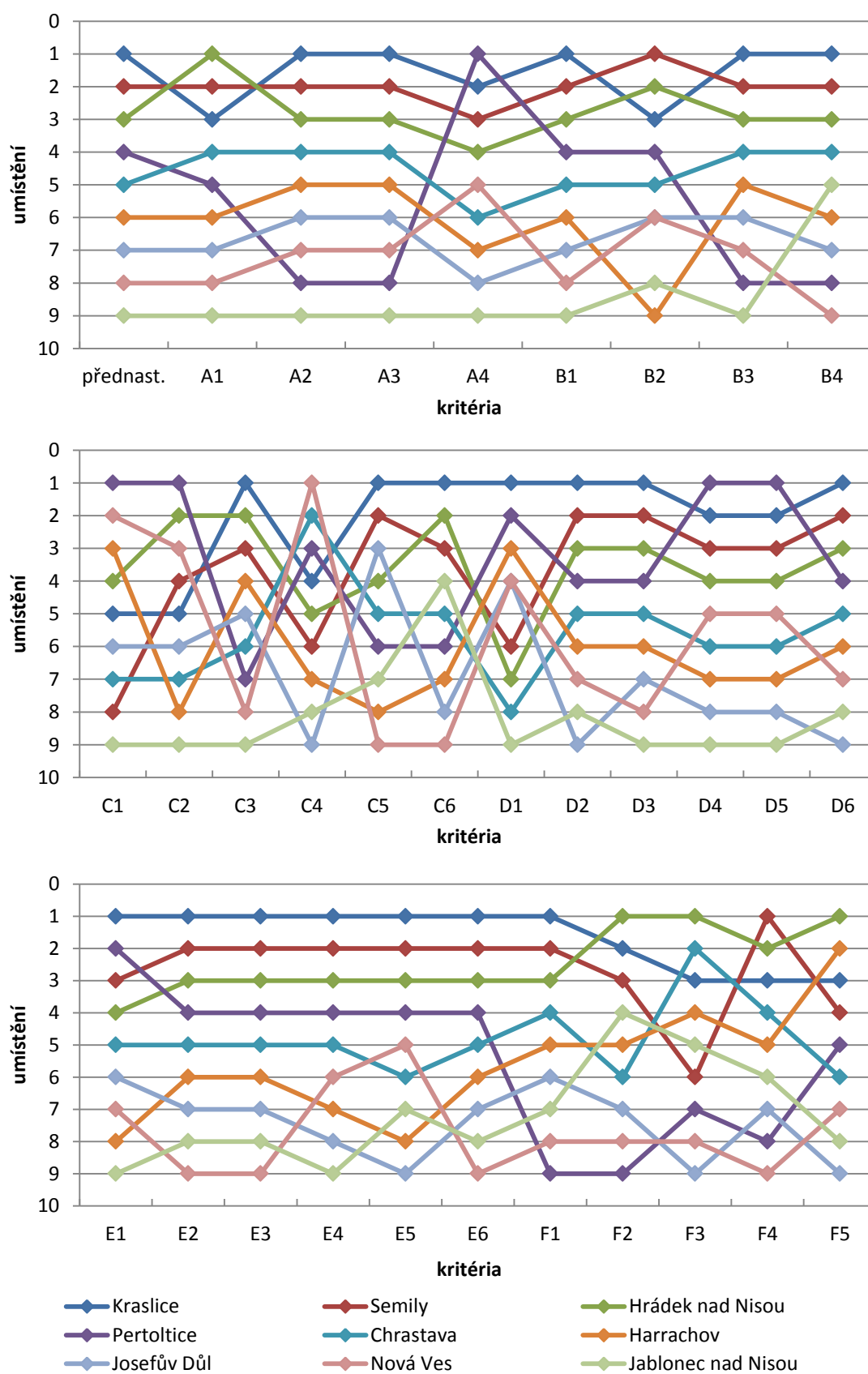
# Príloha IV: Zmena váhy vedľajšieho kritéria na 40 %

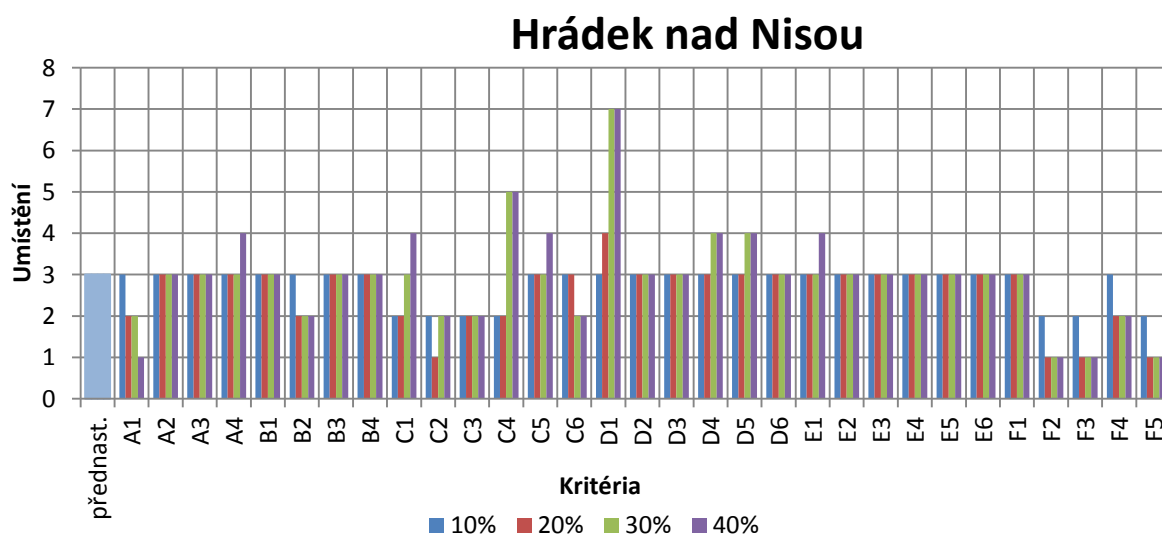
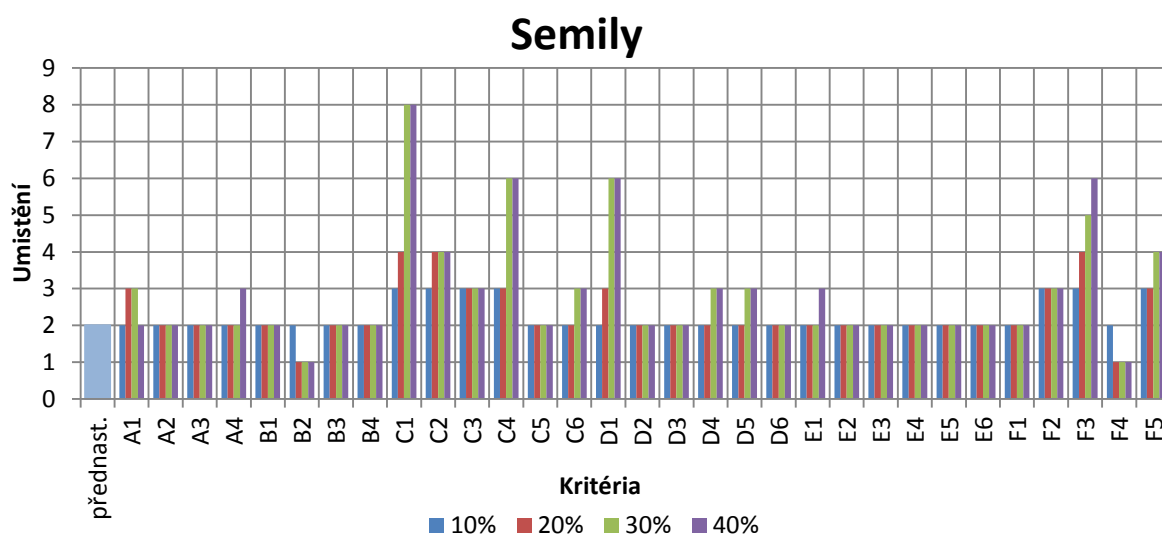
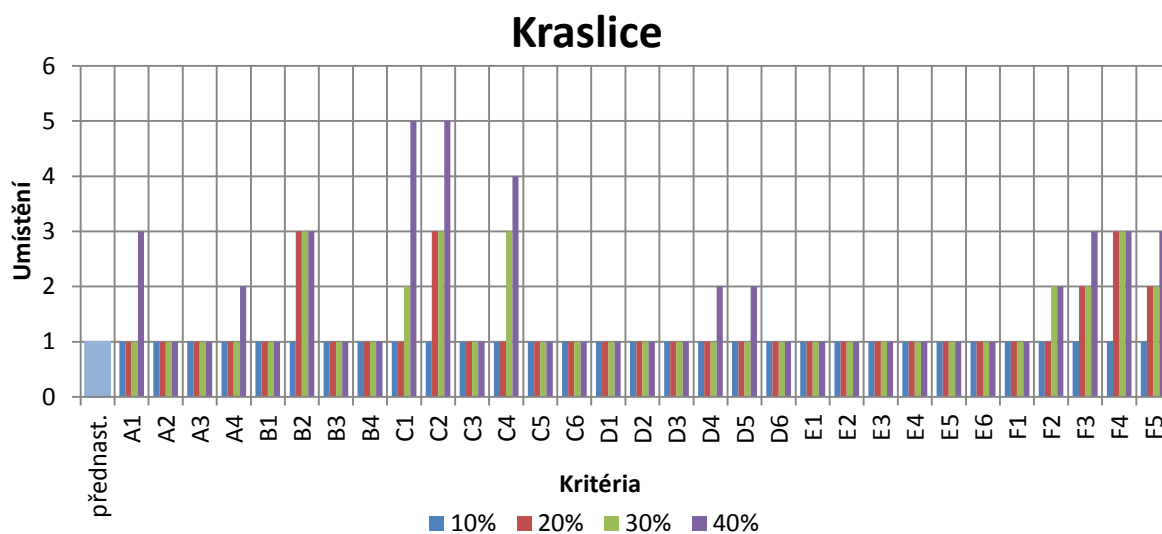
Váha kritéria 40%	A1			A2			A3			A4		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↓ -5,7%	↓ -2	3	↑ 7,7%	↑ 0	1	↑ 7,7%	↑ 0	1	↓ -4,7%	↓ -1	2
Semily	↑ 1,1%	↑ 0	2	↑ 5,2%	↑ 0	2	↑ 5,2%	↑ 0	2	↓ -2,6%	↓ -1	3
Hrádek nad Nisou	↑ 2,6%	↑ 2	1	↓ -7,2%	↓ 0	3	↓ -7,2%	↓ 0	3	↓ -2,5%	↓ -1	4
Pertoltice	↓ -2,3%	↓ -1	5	↓ -22,4%	↓ -4	8	↓ -22,4%	↓ -4	8	↑ 15,0%	↑ 3	1
Chrastava	↑ 12,8%	↑ 1	4	↑ 6,9%	↑ 1	4	↑ 6,9%	↑ 1	4	↓ -9,4%	↓ -1	6
Harrachov	↑ 6,3%	↑ 0	6	↑ 10,3%	↑ 1	5	↑ 10,3%	↑ 1	5	↓ -5,2%	↓ -1	7
Josefův Důl	↑ 6,4%	↑ 0	7	↑ 10,4%	↑ 1	6	↑ 10,4%	↑ 1	6	↓ -5,1%	↓ -1	8
Nová Ves	↑ 2,1%	↑ 0	8	↓ -4,4%	↓ 1	7	↓ -4,4%	↓ 1	7	↑ 19,9%	↑ 3	5
Jablonec nad Nisou	↓ -9,6%	↓ 0	9	↓ -6,0%	↓ 0	9	↓ -6,0%	↓ 0	9	↓ -11,7%	↓ 0	9
	B1			B2			B3			B4		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 8,0%	↑ 0	1	↓ -8,7%	↓ -2	3	↑ 8,0%	↑ 0	1	↑ 8,1%	↑ 0	1
Semily	↑ 10,3%	↑ 0	2	↑ 10,4%	↑ 1	1	↑ 5,4%	↑ 0	2	↑ 7,1%	↑ 0	2
Hrádek nad Nisou	↑ 10,4%	↑ 0	3	↑ 10,5%	↑ 1	2	↓ -7,5%	↓ 0	3	↓ -3,4%	↓ 0	3
Pertoltice	↓ -23,3%	↓ 0	4	↓ -1,1%	↓ 0	4	↓ -23,3%	↓ -4	8	↓ -23,6%	↓ -4	8
Chrastava	↓ -22,7%	↓ 0	5	↓ -0,5%	↓ 0	5	↑ 7,2%	↑ 1	4	↑ 0,3%	↑ 1	4
Harrachov	↓ -18,4%	↓ 0	6	↓ -18,6%	↓ -3	9	↑ 10,6%	↑ 1	5	↓ -5,9%	↓ 0	6
Josefův Důl	↓ -18,2%	↓ 0	7	↑ 4,0%	↑ 1	6	↑ 10,8%	↑ 1	6	↓ -8,0%	↓ 0	7
Nová Ves	↓ -18,2%	↓ 0	8	↑ 4,1%	↑ 2	6	↓ -4,6%	↓ 1	7	↓ -16,7%	↓ -1	9
Jablonec nad Nisou	↓ -12,1%	↓ 0	9	↑ 10,2%	↑ 1	8	↓ -6,3%	↓ 0	9	↑ 22,5%	↑ 4	5
	C1			C2			C3			C4		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↓ -18,1%	↓ -4	5	↓ -29,8%	↓ -4	5	↑ 3,6%	↑ 0	1	↓ -21,6%	↓ -3	4
Semily	↓ -28,3%	↓ -6	8	↓ -22,1%	↓ -2	4	↓ -4,2%	↓ -1	3	↓ -21,2%	↓ -4	6
Hrádek nad Nisou	↓ -11,5%	↓ -1	4	↓ -9,6%	↓ 1	2	↑ 0,2%	↑ 1	2	↓ -16,6%	↓ -2	5
Pertoltice	↑ 15,5%	↑ 3	1	↑ 15,1%	↑ 3	1	↑ 2,2%	↓ -3	7	↑ 5,1%	↑ 1	3
Chrastava	↓ -1,4%	↓ -2	7	↓ -15,5%	↓ -2	7	↑ 6,4%	↓ -1	6	↑ 7,7%	↑ 3	2
Harrachov	↑ 16,0%	↑ 3	3	↓ -11,0%	↓ -2	8	↑ 20,3%	↑ 2	4	↓ 2,8%	↓ -1	7
Josefův Důl	↑ 11,7%	↑ 1	6	↑ 0,4%	↑ 1	6	↑ 18,0%	↑ 2	5	↓ -18,4%	↓ -2	9
Nová Ves	↑ 20,5%	↑ 6	2	↑ 12,5%	↑ 5	3	↑ 13,3%	↑ 0	8	↑ 20,8%	↑ 7	1
Jablonec nad Nisou	↓ -3,9%	↓ 0	9	↓ -9,2%	↓ 0	9	↓ -12,0%	↓ 0	9	↓ -1,5%	↑ 1	8
	D1			D2			D3			D4		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 7,9%	↑ 0	1	↑ 7,9%	↑ 0	1	↑ 8,1%	↑ 0	1	↓ -7,6%	↓ -1	2
Semily	↓ -28,2%	↓ -4	6	↑ 10,1%	↑ 0	2	↑ 10,4%	↑ 0	2	↓ -5,3%	↓ -1	3
Hrádek nad Nisou	↓ -28,1%	↓ -4	7	↑ 10,1%	↑ 0	3	↑ 10,4%	↑ 0	3	↓ -5,2%	↓ -1	4
Pertoltice	↑ 15,4%	↑ 2	2	↓ -3,8%	↓ 0	4	↑ 15,7%	↑ 0	4	↑ 15,7%	↑ 3	1
Chrastava	↓ -22,4%	↓ -3	8	↓ -3,2%	↓ 0	5	↑ 16,3%	↑ 0	5	↓ -7,2%	↓ -1	6
Harrachov	↓ 20,2%	↓ 3	3	↑ 1,0%	↑ 0	6	↑ 20,6%	↑ 0	6	↓ -18,5%	↓ -1	7
Josefův Důl	↑ 20,3%	↑ 3	4	↓ -17,9%	↓ -2	9	↑ 20,8%	↑ 0	7	↓ -18,4%	↓ -1	8
Nová Ves	↑ 20,4%	↑ 4	4	↑ 1,2%	↑ 1	7	↑ 20,8%	↑ 0	8	↑ 20,8%	↑ 3	5
Jablonec nad Nisou	↓ -11,9%	↓ 0	9	↑ 7,2%	↑ 1	8	↓ -12,2%	↓ 0	9	↓ -12,2%	↓ 0	9
	E1			E2			E3			E4		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 7,6%	↑ 0	1	↑ 7,4%	↑ 0	1	↑ 7,6%	↑ 0	1	↑ 8,1%	↑ 0	1
Semily	↓ -2,5%	↓ -1	3	↑ 9,4%	↑ 0	2	↑ 9,8%	↑ 0	2	↑ 10,4%	↑ 0	2
Hrádek nad Nisou	↓ -2,5%	↓ -1	4	↑ 9,5%	↑ 0	3	↑ 9,8%	↑ 0	3	↑ 10,4%	↑ 0	3
Pertoltice	↑ 14,8%	↑ 2	2	↑ 14,3%	↑ 0	4	↑ 14,8%	↑ 0	4	↑ 15,7%	↑ 0	4
Chrastava	↑ 3,0%	↑ 0	5	↓ -3,0%	↓ 0	5	↓ -3,1%	↓ 0	5	↑ 16,3%	↑ 0	5
Harrachov	↓ -17,4%	↓ -2	8	↑ 1,0%	↑ 0	6	↑ 1,0%	↑ 0	6	↓ -18,5%	↓ -1	7
Josefův Důl	↓ -5,0%	↑ 1	6	↑ 1,1%	↑ 0	7	↑ 1,1%	↑ 0	7	↓ -18,4%	↓ -1	8
Nová Ves	↓ -5,0%	↑ 1	7	↓ -16,7%	↓ -1	9	↓ -17,2%	↓ -1	9	↑ 20,8%	↑ 2	6
Jablonec nad Nisou	↓ -11,5%	↓ 0	9	↑ 6,7%	↑ 1	8	↑ 7,0%	↑ 1	8	↓ -12,2%	↓ 0	9
	F1			F2			F3			F4		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	↑ 7,9%	↑ 0	1	↓ -1,7%	↓ -1	2	↓ -5,0%	↓ -2	3	↓ -5,0%	↓ -2	3
Semily	↑ 10,2%	↑ 0	2	↓ -9,3%	↓ -1	3	↓ -15,9%	↓ -4	6	↑ 10,5%	↑ 1	1
Hrádek nad Nisou	↑ 10,2%	↑ 0	3	↑ 10,6%	↑ 2	1	↑ 10,6%	↑ 2	1	↑ 10,6%	↑ 1	2
Pertoltice	↓ -23,0%	↓ -5	9	↓ -23,8%	↓ -5	9	↓ -10,5%	↓ -3	7	↓ -23,8%	↓ -4	8
Chrastava	↑ 15,9%	↑ 1	4	↓ -3,3%	↓ -1	6	↑ 16,5%	↑ 3	2	↑ 3,3%	↑ 1	4
Harrachov	↑ 20,2%	↑ 1	5	↑ 11,0%	↑ 1	5	↑ 20,9%	↑ 2	4	↑ 7,7%	↑ 1	5
Josefův Důl	↑ 20,3%	↑ 1	6	↑ 1,2%	↑ 0	7	↓ -18,6%	↓ -2	9	↓ -5,4%	↓ 0	7
Nová Ves	↑ 1,2%	↑ 0	8	↓ -8,7%	↓ 0	8	↓ -5,4%	↓ 0	8	↓ -18,6%	↓ -1	9
Jablonec nad Nisou	↑ 26,4%	↑ 2	7	↑ 27,3%	↑ 5	4	↑ 27,3%	↑ 4	5	↑ 14,1%	↑ 3	6

# **Příloha IV: Změna váhy vedlejšího kritéria na 40 %**



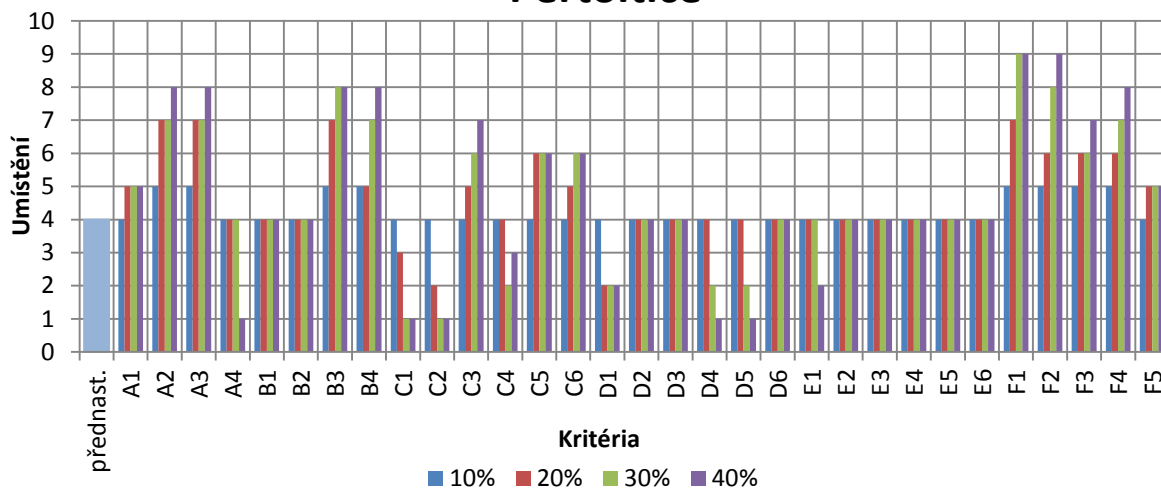
**Příloha IV: Změna váhy vedlejšího kritéria na 40 %**



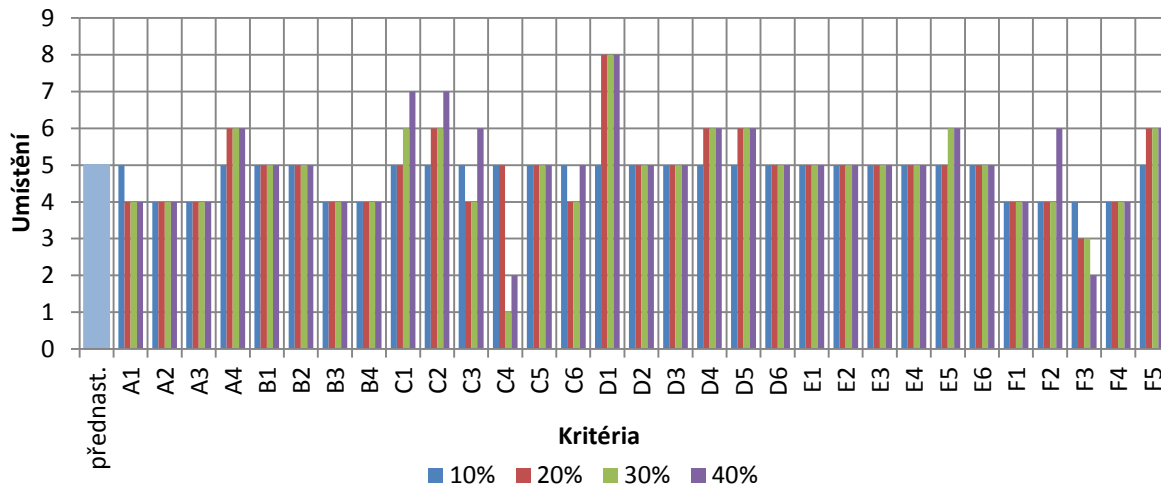




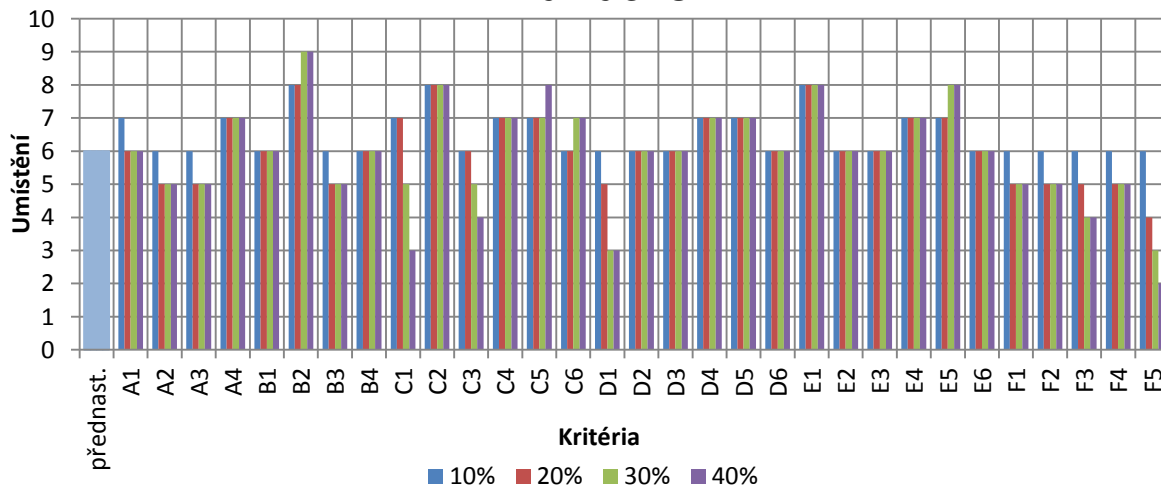
### Pertoltice



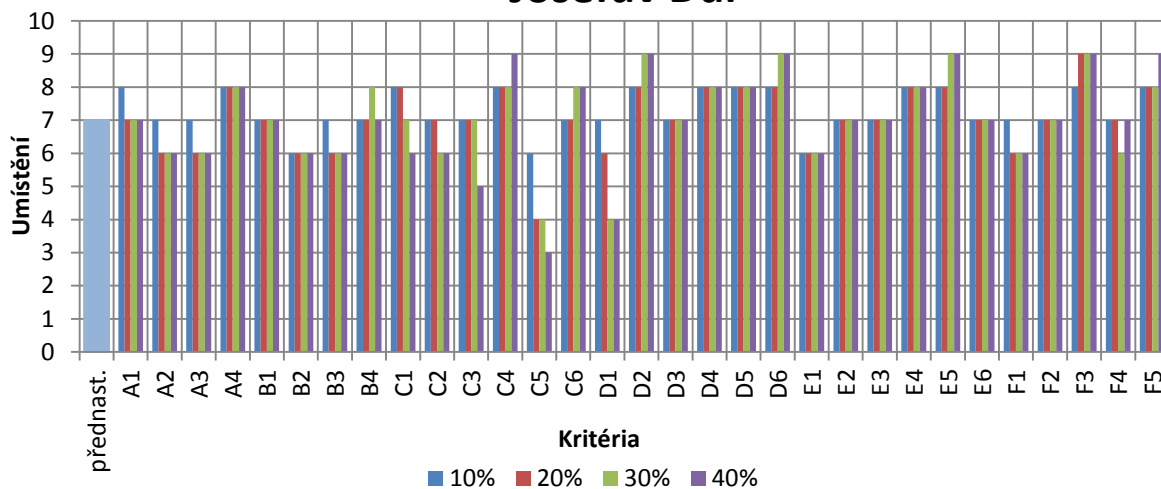
### Chrastava



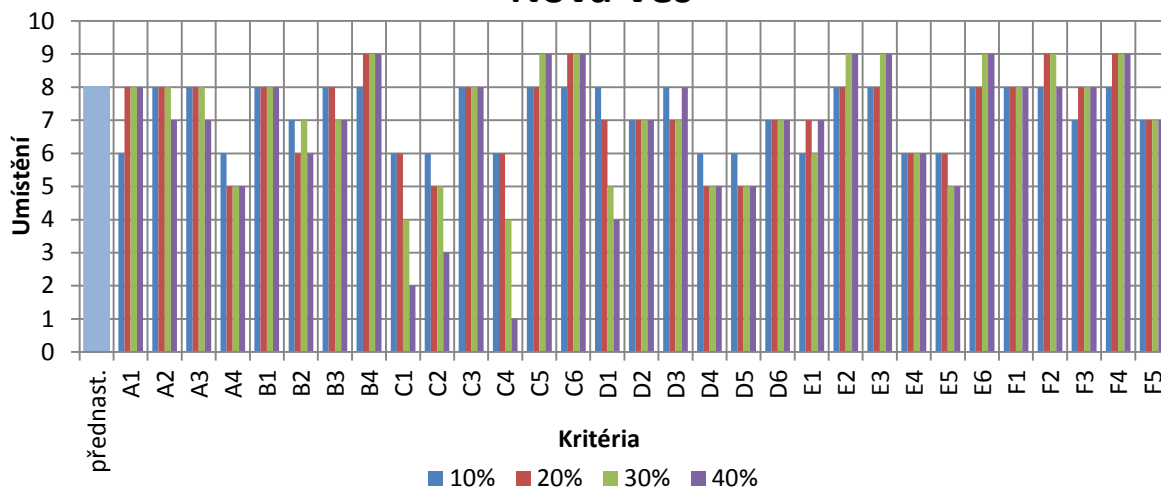
### Harrachov



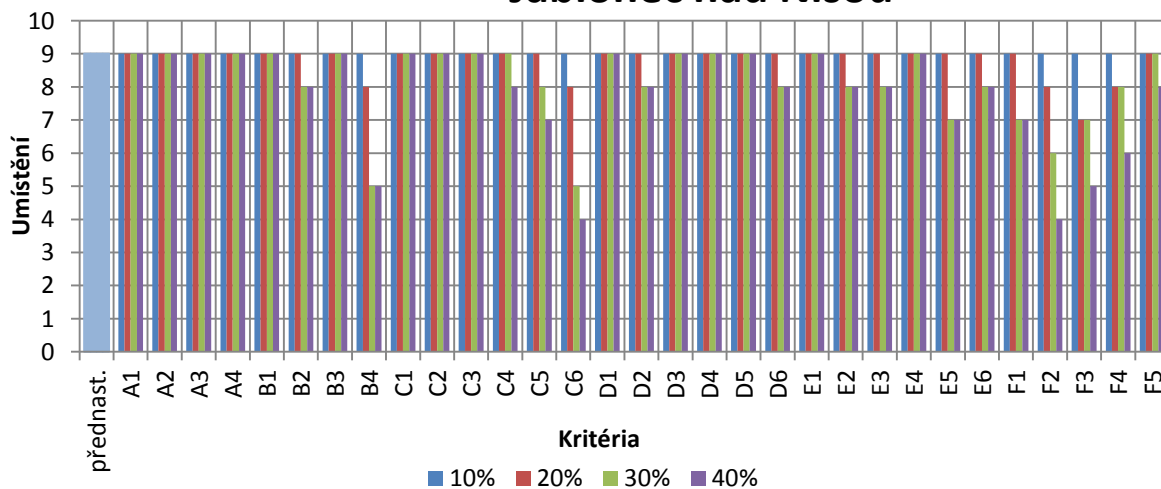
### Josefův Důl



### Nová Ves

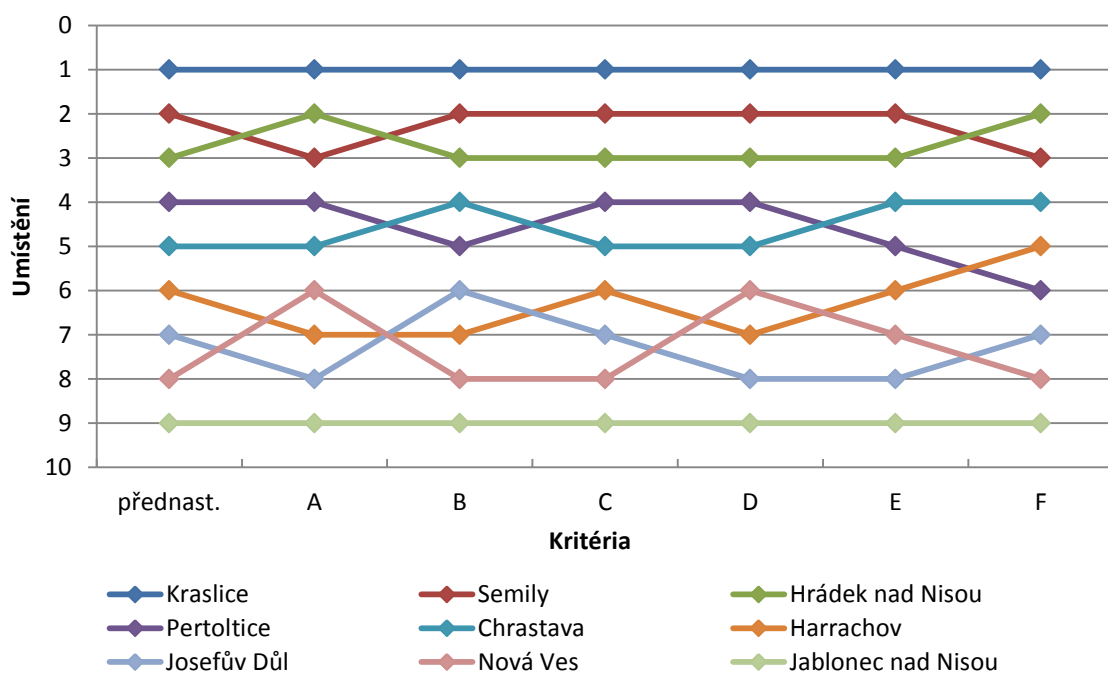
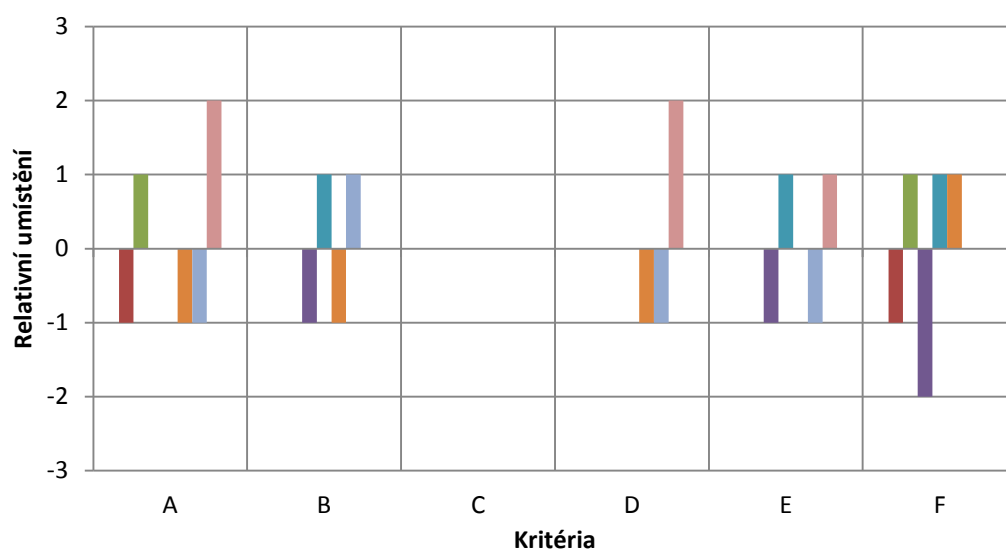


### Jablonec nad Nisou



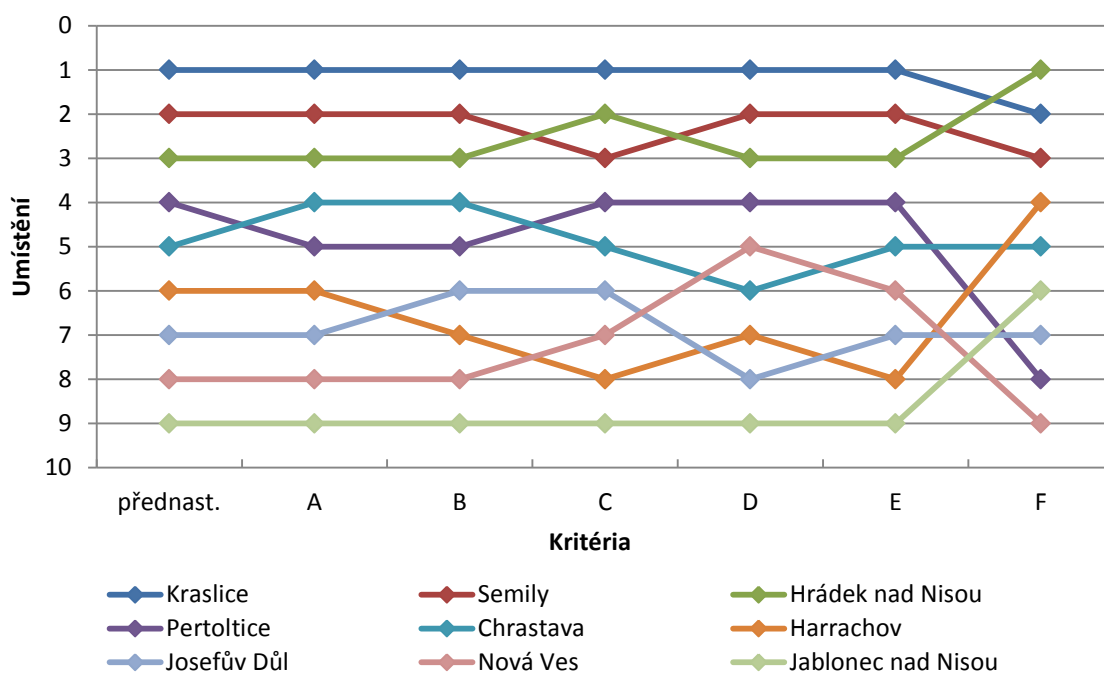
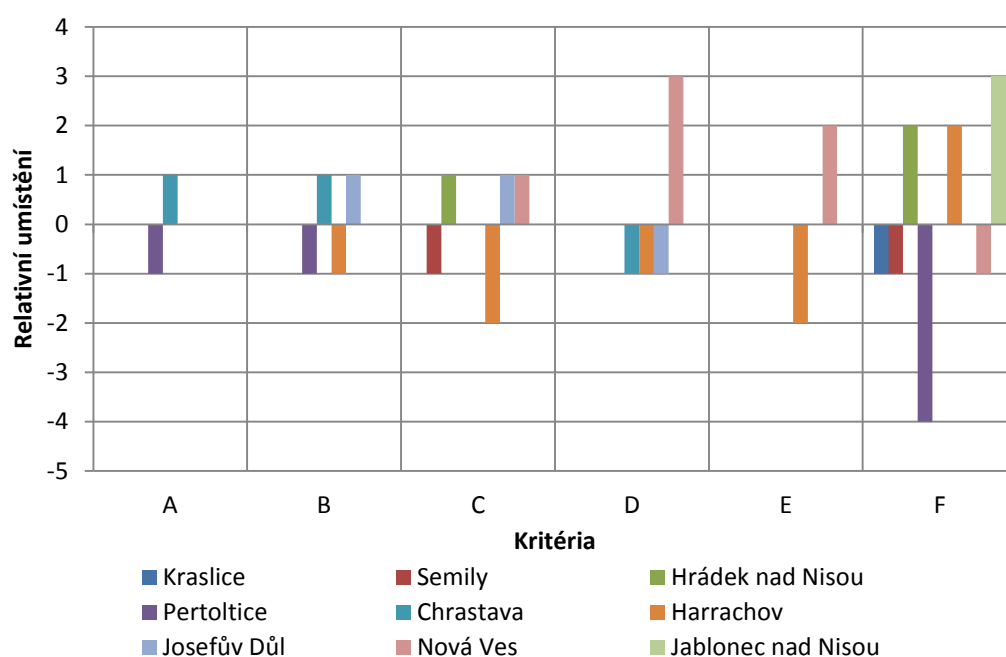
# **Příloha VI: Změna váhy hlavního kritéria na 20 %**

Váha kritéria 20 %	A			B			C			D			E			F		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	0,4%	0	1	2,0%	0	1	0,0%	0	1	0,8%	0	1	-1,9%	0	1	-1,2%	0	1
Semily	-0,4%	-1	3	3,1%	0	2	0,0%	0	2	-0,3%	0	2	-1,7%	0	2	-0,7%	-1	3
Hrádek nad Nisou	0,4%	1	2	1,1%	0	3	0,0%	0	3	-0,2%	0	3	-1,7%	0	3	2,5%	1	2
Pertoltice	1,6%	0	4	-7,2%	-1	5	0,0%	0	4	1,5%	0	4	-3,6%	-1	5	-6,7%	-2	6
Chrastava	-2,2%	0	5	-2,5%	1	4	0,0%	0	5	-1,5%	0	5	-0,3%	1	4	1,7%	1	4
Harrachov	-2,1%	-1	7	-3,8%	-1	7	0,0%	0	6	0,0%	-1	7	1,4%	0	6	6,3%	1	5
Josefův Důl	-2,1%	-1	8	-2,7%	1	6	0,0%	0	7	-1,5%	-1	8	0,7%	-1	8	-0,3%	0	7
Nová Ves	-1,1%	2	6	-4,6%	0	8	0,0%	0	8	2,3%	2	6	0,9%	1	7	-1,9%	0	8
Jablonec nad Nisou	3,3%	0	9	2,2%	0	9	0,0%	0	9	0,1%	0	9	0,1%	0	9	7,2%	0	9



## Příloha VII: Změna váhy hlavního kritéria na 40 %

Váha kritéria 40 %	A		B		C		D		E		F	
	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění	rozdíl	umístění
Kraslice	-0,8%	0 1	4,8%	0 1	-7,5%	0 1	3,1%	0 1	3,8%	0 1	-3,0%	-1 2
Semily	1,0%	0 2	7,7%	0 2	-8,9%	-1 3	-1,2%	0 2	3,7%	0 2	-1,8%	-1 3
Hrádek nad Nisou	-0,5%	0 3	2,7%	0 3	-6,8%	1 2	-1,2%	0 3	3,7%	0 3	6,0%	2 1
Pertoltice	-3,1%	-1 5	-18,0%	-1 5	-3,0%	0 4	6,2%	0 4	7,3%	0 4	-16,6%	-4 8
Chrastava	4,0%	1 4	-6,0%	1 4	-5,2%	0 5	-5,4%	-1 6	0,1%	0 5	4,6%	0 5
Harrachov	2,7%	0 6	-8,9%	-1 7	-2,7%	-2 8	1,5%	-1 7	-4,1%	-2 8	16,4%	2 4
Josefův Důl	2,8%	0 7	-6,1%	1 6	1,2%	1 6	-4,6%	-1 8	-2,9%	0 7	0,1%	0 7
Nová Ves	1,2%	0 8	-10,9%	0 8	-0,9%	1 7	10,0%	3 5	-2,7%	2 6	-4,2%	-1 9
Jablonec nad Nisou	-4,1%	0 9	4,2%	0 9	4,3%	0 9	-2,0%	0 9	2,3%	0 9	16,8%	3 6



# **Příloha VIII: Změna váhy hlavního kritéria na 60 %**

Váha kritéria 60 %	A			B			C			D			E			F		
	rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění		rozdíl	umístění	
Kraslice	→ -2,0%	↑ 0	1	↑ 7,7%	→ 0	1	↓ -15,0%	→ 0	1	→ 5,4%	→ 0	1	↑ 9,4%	→ 0	1	→ -4,8%	↓ -1	2
Semily	→ 2,4%	↑ 0	2	↑ 12,3%	→ 0	2	↓ -17,9%	↓ -1	3	↓ -2,2%	→ 0	2	↑ 9,1%	→ 0	2	→ -2,9%	↓ -2	4
Hrádek nad Nisou	→ -1,4%	↑ 0	3	↑ 4,2%	→ 0	3	↓ -13,6%	↑ 1	2	↓ -2,1%	→ 0	3	↑ 9,1%	→ 0	3	↑ 9,6%	↑ 2	1
Pertoltice	↓ -7,7%	↓ -3	7	↓ -28,8%	↓ -4	8	→ -5,9%	→ 0	4	↑ 10,8%	→ 0	4	↑ 18,2%	→ 0	4	↓ -26,6%	↓ -5	9
Chrastava	↑ 10,2%	↑ 1	4	→ -9,5%	↑ 1	4	↓ -10,3%	↓ -1	6	↓ -9,3%	↓ -2	7	→ 0,6%	→ 0	5	↑ 7,5%	→ 0	5
Harrachov	↑ 7,5%	↑ 1	5	→ -14,0%	↓ -1	7	→ -4,9%	↓ -2	8	→ 3,0%	→ 0	6	↓ -9,7%	↓ -2	8	↑ 26,6%	↑ 3	3
Josefův Důl	↑ 7,6%	↑ 1	6	→ -9,5%	↑ 2	5	↑ 3,0%	↑ 2	5	↓ -7,6%	↓ -1	8	↓ -6,5%	→ 0	7	→ 0,5%	→ 0	7
Nová Ves	↑ 3,6%	↑ 0	8	↓ -17,3%	↓ -1	9	→ -1,5%	↑ 1	7	↑ 17,7%	↑ 3	5	↓ -6,3%	↑ 2	6	→ -6,5%	→ 0	8
Jablonec nad Nisou	↓ -11,4%	↑ 0	9	↑ 6,2%	↑ 3	6	↑ 7,7%	→ 0	9	↓ -4,2%	→ 0	9	↑ 4,5%	→ 0	9	↑ 26,4%	↑ 3	6

